GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

DIRECCIÓN REGIONAL DE AGUAS – REGIÓN DEL MAULE

PLAN MAESTRO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS REGIÓN DEL MAULE

INFORME FINAL

VOLUMEN Nº II

REALIZADO POR

EVERIS CHILE S.A.

S.I.T. N°440

TALCA, DICIEMBRE 2017

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Ministro de Obras Públicas
Sr. Alberto Undurraga Vicuña

Director General de Aguas
Sr. Carlos Estévez Valencia

Director General de Aguas Región del Maule
Sr. Enrique Rodrigo Ugarte Sanhueza

Inspector Fiscal
Sr. Enrique Rodrigo Ugarte Sanhueza
Sra. Marcela Herrera Olivares

Profesionales División de Estudios y Planificación
Sra. Andrea Osses Vargas

Asesoría a Inspección Fiscal
AMPHOS 21
Maria del Pilar Enguita Tobajas

Everis Chile
Jefe de Proyecto
Sr. Maritza Campos Ramirez
Especialistas Senior
Sr. Gabriel Martín Zúñiga
Sr. Rogelio Rollán Oro
Sr. Matías Peredo Parada
Sr. Mauricio Lillo Barrios
Sr. Claudio Reyes Hurtado
Profesionales
Sra. Maria Elena Avila
Sr. Jesús Meilán Paz

ÍNDICE INFORME FINAL

Página

TOMO I

1. INTRODUCCIÓN 1-1
1.1. Generalidades 1-1
1.2. Objetivos y Alcances 1-2
1.3. Dimensión territorial 1-3
1.4. Estructura del Informe 1-8

2. LEVANTAMIENTO, RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN 2-1
2.1. ÁREA DE ESTUDIO 2-1
2.2. RECOPILACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE ANTECEDENTES 2-13
2.2.1.Introducción. Recopilación y Sistematización de Antecedentes ... 2-13
2.2.2.Recopilación de planes, políticas y programas 2-18
2.2.3.Recopilación de iniciativas, estudios y proyectos 2-20
2.3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN 2-26
2.3.1. Análisis de Red Hidrometeorológica y Niveles 2-26
2.3.2. Análisis de Oferta Hídrica 2-51
2.3.3. Análisis de la Situación de la Demanda, Derechos de Aprovechamiento 2-69
2.3.4. Análisis de Infraestructura Hidráulica. 2-96
2.3.5. Análisis de Insumos para la Gestión Hídrica y Herramientas de Análisis 2-107
2.3.6. Análisis de Calidad de Agua 2-117
2.3.7. Análisis Situación Ambiental 2-141
2.3.8. Análisis de Eventos Extremos 2-180
2.3.9. Análisis de Gestión y Normativa Legal 2-207
2.3.10. Análisis Sistema Integrado de Planificación Territorial 2-223

2.3.11. Análisis de la Situación Funcional e Institucional 2-239

2.4. PARTICIPACIÓN CIUDADANA 2-271
2.4.1. Introducción 2-271
2.4.2. Área de Estudio..... 2-272
2.4.3. Objetivos del programa de participación ciudadana..... 2-277
2.4.4. Metodología..... 2-278
2.5. CONCLUSIONES 2-352

3. DIAGNÓSTICO DE OFERTA-DEMANDA HÍDRICA..... 3-1
3.1. ALCANCES 3-1
3.1.1. Especificaciones técnicas 3-1
3.1.2. Ámbito territorial..... 3-1
3.1.3. Estructura del Capítulo..... 3-2
3.2. OFERTA HÍDRICA 3-8
3.2.1. Aportaciones en régimen natural del año medio en las UPH 3-8
3.2.2. Aguas Subterráneas 3-18
3.2.3. Hipótesis de los recursos hídricos naturales en la VII Región..... 3-57
3.2.4. Resumen y conclusiones de los RHN 3-69
3.3. DEMANDAS DE AGUA..... 3-69
3.3.1. Demanda agrícola 3-70
3.3.2. Demanda pecuaria 3-80
3.3.3. Demanda de agua potable..... 3-82
3.3.4. Demanda industrial 3-89
3.3.5. Demanda forestal..... 3-91
3.3.6. Demanda minera 3-95
3.3.7. Demandas consuntivas totales de agua..... 3-95
3.4. Revisión de Balance de Oferta y Demanda de Agua 3-104
3.4.1. Oferta de agua..... 3-104
3.4.2. Análisis de la recarga de acuíferos..... 3-107
3.4.3. Derechos de agua no consuntivos 3-115
3.5. INFRAESTRUCTURAS DE REGULACIÓN Y TRASVASES 3-118
3.5.1. Presas de embalse 3-118

3.5.2. Trasvases entre cuencas 3-119
3.6. ESCENARIOS DE OFERTA Y DEMANDA 3-126
3.6.1. Introducción 3-126
3.6.2. Metodología 3-126
3.6.3. Variables internas que definen la satisfacción de las demandas 3-128
3.6.4. Relación entre las variables internas y las variables externas .. 3-129
3.6.5. Formulación de escenarios 3-132
3.7. BALANCES HÍDRICOS DE LOS ESCENARIOS 3-133
3.7.1. Naturaleza del balance hídrico 3-133
3.7.2. Interpretación de los balances 3-135
3.7.3. Balances hídricos de los escenarios considerados 3-137
3.7.4. Escenario 1.1. RHN año medio y demanda maximalista..... 3-138
3.7.5. Escenario 2.1. RHN 85% y demanda maximalista..... 3-170
3.7.6. Escenario 2.2. RHN 85% y demanda actual a 2015 3-187
3.7.7. Escenario 3.1. RHN periodo 2010-15 y demanda maximalista . 3-202
3.7.8. Escenario 3.2. RHN periodo 2010-15 y demanda actual 3-218
3.7.9. Conclusión de los escenarios..... 3-233
3.8. DISPONIBILIDAD HÍDRICA..... 3-234

TOMO II

4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE LOS DERECHOS DE ARPOVECHAMIENTO DE AGUAS 4-1
4.1. MARCO LEGAL 4-1
4.1.1. El Código de Aguas.....4-1
4.1.2. Derechos de aprovechamiento de aguas 4-1
4.1.3. Derechos pendientes 4-3
4.1.4. Derechos provisionales 4-6
4.1.5. Derechos denegados.....4-7
4.1.6. Áreas de Restricción y Protección de Uso.....4-9
4.2. ORGANIZACIONES DE USUARIOS 4-22
4.2.1. Marco legal.....4-22
4.2.2. Juntas de Vigilancia en la VII Región 4-23

4.3. ANÁLISIS DE LOS DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS 4-26
4.3.1. Catastro de Derechos de Aprovechamiento de Aguas 4-26
4.3.2. Distribución de DAA por UPH 4-29
4.3.3. DAA consuntivos según naturaleza del agua 4-35
4.3.4. Comparación entre los datos del CPA y el Atlas del Agua 4-37
4.3.5. Evolución de los DAA consuntivos 4-40
4.3.6. Distribución del volumen de usos consuntivos según uso del agua 4-42
4.3.7. Distribución mensual del volumen otorgado. Usos consuntivos .. 4-48
4.3.8. Volúmenes otorgados y demandas consuntivas 4-54
4.4. ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA 4-58
4.4.1. Oferta hídrica 4-59
4.4.2. Disponibilidad hídrica de aguas superficiales 4-59
4.4.3. Disponibilidad hídrica de aguas subterráneas 4-64
4.4.4. Incertidumbre de la disponibilidad estimada 4-65
4.5. RESUMEN Y CONCLUSIONES 4-67

5. DIAGNÓSTICO DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA 5-1
5.1. INTRODUCCIÓN 5-1
5.2. OBRAS DE REGULACIÓN 5-3
5.2.1. Lagunas Naturales y Embalses 5-3
5.2.2. Caracterización Hidroeléctrica en la Región 5-7
5.3. INFRAESTRUCTURA DE RIEGO 5-11
5.3.1. Sistema de riego en la cuenca Río Mataquito 5-15
5.3.2. Sistemas de riego en la cuenca del Maule 5-16
5.3.3. Conducciones Principales 5-27
5.4. TRATAMIENTO DE AGUAS. 5-48
5.4.1. Infraestructura de Agua Potable 5-48
5.4.2. Aguas Servidas 5-52
5.5. RED HIDROMETEOROLÓGICA DE LA DGA 5-56
5.5.1. Red de Estaciones Meteorológicas 5-57

5.5.2. Red de Estaciones Fluviométricas 5-63
5.5.3. Niveles de Pozos 5-72
5.5.4. Niveles de lagos y Embalses. 5-73
5.5.5. Estaciones de Calidad de Aguas 5-74
5.5.6. Idoneidad de la Red Hidrométrica existente DGA..... 5-80
5.5.7. Propuesta de nueva Red Hidrométrica DGA 5-84
5.5.8. Resumen y conclusiones de la Red Hidrométrica existente DGA. 5-86
5.6. REVISIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LAS REDES Y/O ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS PERTENECIENTES A OTRAS INSTITUCIONES..... 5-88
5.6.1. Sistema de la Red Agroclima FDF-INIA Y DMC 5-89
5.6.2. Dirección Meteorológica de Chile (DMC) 5-91
5.6.3. Proyecto EVE (Entorno de Visualización Electrónico de Datos Agroclimatológicos) 5-92
5.6.4. Resumen y conclusiones 5-95
5.7. CONSERVACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA Y DE PROTECCIÓN DE INUNDACIONES Y CRECIDAS 5-96
5.7.1. Defensas Fluviales..... 5-96
5.7.2. Resumen de obras fluviales 5-102
5.8. CONTROL DE AGUAS LLUVIA 5-103
5.9. SITUACIÓN DE ALERTA DE CRECIDAS 5-107
5.10. RESUMEN Y CONCLUSIONES 5-109

6. DIAGNÓSTICO DE CALIDAD DE AGUAS 6-1
6.1. METODOLOGÍA..... 6-1
6.2. DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN SISTEMAS HÍDRICOS Y SU RELACIÓN CON NORMAS DE USO..... 6-3
6.2.1. Calidad de las aguas superficiales.....6-3
6.2.2. Aguas subterráneas..... 6-30
6.3. UBICACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LAS FUENTES EMISORAS SOBRE LAS AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS 6-47
6.3.1. UPH1. Subcuenca Lago Vichuquén..... 6-48

6.3.2. UPH2. Subcuencas Río Teno y Río Lontué 6-48
6.3.3. UPH3. Cuenca Baja del Mataquito 6-50
6.3.4. UPH4. Cuencas costeras entre ríos Mataquito y Maule 6-52
6.3.5. UPH5. Cuenca Alta del Río Maule 6-52
6.3.6. UPH6. Cuenca Media y Baja del Río Maule 6-53
6.3.7. Población y saneamiento 6-53
6.3.8. UPH7. Cuenca del Río Perquilauquén 6-56
6.3.9. UPH8. Cuenca del Río Loncomilla 6-58
6.3.10. UPH9. Cuencas costeras entre río Maule y límite de la Región . 6-59
6.3.11. Efectos principales de la contaminación en la calidad de las aguas por fuente emisora 6-60
6.4. USOS ESPECÍFICOS QUE REQUIEREN CALIDAD DE LAS AGUAS 6-63
6.4.1. UPH1. Subcuenca Lago Vichuquén 6-63
6.4.2. UPH2. Subcuencas Río Teno y Río Lontué 6-64
6.4.3. UPH3. Cuenca Baja del Mataquito 6-66
6.4.4. UPH4. Cuencas costeras entre ríos Mataquito y Maule 6-68
6.4.5. UPH5. Cuenca Alta del Río Maule 6-69
6.4.6. UPH6. Cuenca Media y Baja del Río Maule 6-70
6.4.7. UPH7. Cuenca del Río Perquilauquén 6-71
6.4.8. UPH8. Cuenca del Río Loncomilla 6-73
6.4.9. UPH9. Cuencas costeras entre río Maule y límite de la Región ... 6-74
6.5. REVISIÓN DE LOS CAUDALES DE DILUCIÓN ESTABLECIDOS EN LOS CURSOS FLUVIALES 6-75
6.6. ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LOS ACUÍFEROS 6-78
6.7. SITUACIÓN FUTURA DE FUENTES Y USOS DEL AGUA 6-85
6.8. RESUMEN Y CONCLUSIONES 6-86
6.8.1. Análisis de la información por UPH 6-86
6.8.2. Conclusiones 6-93

7. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL..... 7-1
7.1. INTRODUCCIÓN 7-1
7.1.1. Especificaciones de las bases técnicas.....7-1
7.1.2. Estructura del documento.....7-1
7.2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL 7-3
7.3. BIODIVERSIDAD EN LA REGIÓN 7-6
7.3.1. Biodiversidad.....7-6
7.3.2. Áreas de protección o conservación 7-10
7.4. IMPACTOS SOBRE EL MEDIOAMBIENTE 7-17
7.4.1. Presiones 7-18
7.4.2. Pasivos medio ambientales..... 7-32
7.5. GESTIÓN AMBIENTAL..... 7-34
7.5.1. Sistema de Evaluación de impacto Ambiental..... 7-35
7.5.2. Compromisos establecidos por los titulares de proyectos aprobados en el SEIA 7-40
7.5.3. Superintendencia de Medioambiente..... 7-40
7.6. CAUDAL ECOLÓGICO Y AMBIENTAL..... 7-47
7.6.1. Caudal ecológico 7-49
7.6.2. Caudal ambiental 7-52
7.7. CONCLUSIONES 7-53

8.DIAGNÓSTICO DE DESEMPEÑO ANTE EVENTOS EXTREMOS 8-1
8.1. EVENTOS EXTREMOS..... 8-1
8.1.1. Introducción 8-1
8.1.2. Marco legal.....8-5
8.1.3. Tendencia climática de la Región del Maule.....8-6
8.1.4. Los eventos extremos a considerar.....8-7
8.2. INUNDACIONES O CRECIDAS..... 8-9
8.2.1. Antecedentes Generales.....8-9
8.2.2. Red de Alerta de Crecidas 8-11
8.2.3. Herramientas de Gestión de Crecidas..... 8-14
8.2.4. Antecedentes en la Región del Maule 8-18

8.2.5. Criterios para la gestión de inundaciones..... 8-29
8.3. SEQUÍAS 8-40
8.3.1. Antecedentes Generales..... 8-40
8.3.2. Diagnóstico de Herramientas para la Gestión en caso de Sequías ..8-42
8.3.3. Antecedentes en la Región del Maule 8-47
8.3.4. Criterios para la gestión de las sequías 8-54
8.4. DIAGNOSTICO de la INFRAESTRUCTURA PARA EVENTOS EXTREMOS 8-59
8.5. CAMBIO CLIMÁTICO..... 8-63
8.5.1. Introducción 8-63
8.5.2. Evolución del clima en Chile y en la Zona Central 8-66
8.5.3. Proyecciones de los modelos climáticos..... 8-71
8.5.4. Potenciales Escenarios 8-79
8.6. CONCLUSIONES. MEDIDAS A ADOPTAR FRENTE A EVENTOS EXTREMOS 8-81

9. DIAGNÓSTICO DE EJES ESTRATÉGICOS Y LÍNEAS DE ACCIÓN 9-1
9.1. ANTECEDENTES..... 9-1
9.2. INSTRUMENTOS PARA LA PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO 9-2
9.2.1. Política Nacional para los Recursos Hídricos, 2015 9-2
9.2.2. Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2012-2025 9-4
9.2.3. Atlas del Agua, Chile 2016.....9-6
9.2.4. Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021, MOP 2012.....9-7
9.2.5. Plan Director para la Gestión de los Recursos Hídricos Cuenca del Río Maule, 2008.....9-9
9.3. INSTRUMENTOS DE DESARROLLO REGIONAL..... 9-13
9.3.1. Estrategia Regional de Desarrollo 9-13
9.3.2. Plan Regional de Ordenamiento Territorial, 2013 9-15
9.3.3. Plan de Desarrollo para Territorios Rezagados 2014..... 9-22

9.4. INSTRUMENTOS PARA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO 9-24
9.4.1. Plan Nacional de Adaptación Cambio Climático, 2014 9-24
9.4.2. Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario, 2013 9-26
9.4.3. Plan de Adaptación al Cambio Climático en Biodiversidad, 2014 9-28
9.4.4. Propuesta de Plan de Acción Nacional para el Cambio Climático 2017-2022 9-31
9.5. EVALUACIÓN DE INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN POR ÁREAS TEMÁTICAS 9-36
9.5.1. Instrumentos para la gestión del recurso hídrico 9-37
9.5.2. Instrumentos de Desarrollo Regional 9-45
9.5.3. Instrumentos para adaptación al Cambio Climático 9-50
9.6. CONCLUSIONES 9-59

TOMO III

10. DIAGNOSTICO INSTITUCIONAL Y FUNCIONAL 10-1
10.1. INTRODUCCIÓN 10-1
10.2. MARCO NORMATIVO 10-2
10.2.1. Normativa general y específica sobre recursos hídricos 10-2
10.2.2. Normativa sobre infraestructura hidráulica y de riego 10-5
10.2.3. Normativa Ambiental 10-6
10.2.4. Normativa sobre pueblos originarios 10-8
10.2.5. Comentarios Generales 10-11
10.3. DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS 10-12
10.3.1. Estructura y funciones de la Dirección General de Aguas 10-12
10.3.2. Gestión institucional 10-23
10.4. DIRECCIÓN REGIONAL DE AGUAS DE LA REGIÓN DEL MAULE 10-26
10.4.1. Estructura de la Dirección Regional de Aguas de la Región del Maule 10-26

10.4.2. Dirección Regional 10-27
10.4.3. Departamentos y Unidades 10-28
10.4.4. Diagnóstico..... 10-62
10.5. COORDINACIÓN INTERINSTITUCIONAL 10-65
10.5.1. Análisis de servicios públicos relacionados con la gestión hídrica 10-66
10.5.2. Diagnóstico interinstitucional por área temática..... 10-86
10.5.3. Diagnóstico de Iniciativas, Proyectos y Estudios Relacionados con el Recursos hídrico 10-122
10.5.4. Diagnóstico conjunto 10-142
10.6. COORDINACIÓN CON ACTORES PRIVADOS 10-146
10.6.1. Análisis de actores privados 10-146
10.6.2. Diagnóstico de la coordinación de actores privados por área temática 10-155
10.7. MERCADO DEL AGUA 10-175
10.7.1. Introducción 10-175
10.7.2. Recopilación de antecedentes secundarios 10-177
10.7.3. Levantamiento de la Información en CBR 10-186
10.7.4. Conclusiones.....10-187
10.8. CONCLUSIONES 10-188

11. DIAGNÓSTICO DE MODELOS, INSUMOS Y HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN HÍDRICA..... 11-1
11.1. INTRODUCCIÓN 11-1
11.2. MODELOS DE GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS.... 11-2
11.2.1. Gestión Integrada de Recursos Hídricos..... 11-2
11.2.2. Revisión Experiencia Internacional 11-11
11.2.3. Conclusiones..... 11-17
11.3. HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS..... 11-20
11.3.1. Modelos de Gestión Hídrica 11-21
11.3.2. Herramientas SIG para la Gestión de los Recursos Hídricos... 11-36
11.4. INSUMOS 11-39

11.4.1. Red Hidrometeorológica Nacional 11-40
11.4.2. Información Básica 11-65
11.4.3. Estudios 11-72
11.4.4. Conclusiones..... 11-75

12. DIAGNOSTICO DE ACTIVIDADES VALORADAS POR FACTORES NO ECONÓMICOS..... 12-1
12.1. INTRODUCCIÓN 12-1
12.2. ACTIVIDADES VALORADAS POR FACTORES NO ECONÓMICOS 12-2
12.2.1. El concepto de valor en la economía ambiental..... 12-2
12.2.2. Servicios ecosistémicos 12-6
12.2.3. Identidad cultural 12-13
12.2.4. Actividades económicas..... 12-18
12.3. CONSERVACIÓN DE ACTIVIDADES VALORADAS POR FACTORES NO ECONÓMICOS.....38
12.3.1. Instrumentos de gestión ambiental..... 38
12.3.2. Medidas de conservación 42
12.4. DIAGNÓSTICO Y CONCLUSIONES..... 12-50

13. FORMULACIÓN DEL PLAN REGIONAL..... 13-7
13.1. INTRODUCCIÓN 13-7
13.2. DIMENSIONES DE PLANIFICACIÓN..... 13-8
13.3. OBJETIVOS DEL PLAN 13-10
13.3.1. Objetivo General 13-10
13.3.2. Objetivos por Dimensión 13-10
13.3.3. Relación de Objetivos con Ejes Estratégicos y Directrices Generales de Políticas, Planes y Programas..... 13-14
13.3.4. Análisis de compatibilidad entre objetivos del Plan Maestro de Recursos Hídricos 13-16
13.4. BRECHAS Y LÍNEAS DE ACCIÓN..... 13-18
13.4.1. Definición de Brechas..... 13-18

13.4.2. PROPUESTA DE LÍNEAS DE ACCIÓN 13-87
13.5. INICIATIVAS POR LÍNEA DE ACCIÓN 13-105
13.5.1. Catastro de iniciativas existentes 13-106
13.5.2. Propuesta de Iniciativas del Plan Maestro 13-118

14. PRESENTACIÓN DEL PLAN 14-1
14.1. INTRODUCCIÓN 14-1
14.2. ESTRUCTURA DEL PLAN MAESTRO DE RECURSOS HÍDRICOS 14-1
14.2.1. Políticas 14-2
14.2.2. Planes 14-3
14.2.3. Programas 14-3
14.2.4. Proyectos 14-10
14.3. EVALUACIÓN DE INICIATIVAS CATASTRADAS Y PROPUESTAS 14-12
14.3.1. Evaluación Técnica 14-12
14.3.2. Evaluación Económica 14-16
14.3.3. Evaluación Ambiental 14-21
14.3.4. Resultados y análisis de la evaluación 14-25
14.4. PRIORIZACIÓN DE INICIATIVAS POR LÍNEAS DE ACCIÓN 14-28
14.4.1. Criterios de priorización 14-28
14.4.2. Resultado de la Priorización 14-37
14.5. PLAN DE ACCIÓN PARA EL PLAN MAESTRO 14-48
14.5.1. Planificación de las iniciativas en el tiempo 14-48
14.5.2. Presupuesto total del Plan Maestro 14-64
14.5.3. Evaluación del plan por tipología de inversión 14-64
14.5.4. Evaluación del Plan por sector de inversión 14-66
14.5.5. Evaluación del Plan por institución responsable de la ejecución de cada iniciativa 14-68
14.6. SEGUIMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN MAESTRO DE RECURSOS HÍDRICOS 14-70
14.6.1. Criterios e indicadores de seguimiento 14-70

14.6.2. Financiamiento del Plan 14-73
14.6.3. Mecanismos de evaluación, seguimiento y rediseño del Plan Maestro 14-74

ANEXOS

1-1 PAC

2-1 Correspondencia

2-2 Recopilación de Información

2-3 Estaciones Hidrométricas DGA

2-4 Derechos de aprovechamiento de aguas

2-5 Banco Integrado de Proyectos

2-6 PAC Primer Ciclo

2-7 SIG

2-8 SEIA

3-1 Informe Aguas Subterráneas Región del Maule

3-2 Balance de escenario

4-1 Catastro DAA

5-1 Complemento Bibliográfico de Infraestructura Hidráulica

5-2 APR (fuente DOH 2016)

5-3 Plantas de tratamiento de aguas

5-4 Estaciones Hidrométricas

7-1 Bibliografía Capitulo 7

7-2 SEIA

8-1 Información Complementaria de Eventos Extremos

8-2 Problemas de Inundación R. Maule

8-3 Comunas en Estado de Alerta por sequias

10-1 Cuerpos Legales

11-1 Estudios RRHH

13-01. Relación de Objetivos con Políticas, Planes y Programas

14-01 Evaluación y priorización de iniciativas

14-02 Fichas económicas de iniciativas

14-03 Fichas de iniciativas

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2 1 División administrativa de Provincias y Comunas. 2-1
Tabla 2 2 Distribución demográfica 2-3
Tabla 2 3 Cuencas Hidrográficas en el Maule 2-10
Tabla 2 4 División en subcuencas 2-12
Tabla 2 5 Codificación de documentos recopilados según temática 2-14
Tabla 2 6 Clasificación de documentos recopilados según tipo de documento 2-15
Tabla 2 7 Listado de Planes, Políticas y Programas recopilados 2-18
Tabla 2 8 Análisis de las iniciativas según BIP. Estudios Básicos 2-22
Tabla 2 9 Análisis de las iniciativas según BIP. Programas 2-22
Tabla 2 10 Análisis de las iniciativas según BIP. Proyectos 2-23
Tabla 2 11 Sector Cuenca por Comunas 2-24
Tabla 2 12 Costo total de las Iniciativas por sector de Cuenca. Ley Fomento 18.450 de 1984-2014 2-25
Tabla 2 13 Iniciativas MINAGRI 2015 - 2016 2-26
Tabla 2 14 Densidad mínima recomendada por la OMM para las estaciones (área en km2/estación) 2-30
Tabla 2 15 Densidad de estaciones meteorológicas por cuencas 2-30
Tabla 2 16 Distribución Estaciones Fluviométricas. Distribución por Cuencas 2-32
Tabla 2 17 Estaciones Fluviométricas en cauces. Distribución por Unidades de Planificación Hidráulica (UPH) 2-33
Tabla 2 18 Estaciones de Aguas Subterráneas VII Región 2-36
Tabla 2 19 Evolución Red Hidrométrica 2-39
Tabla 2 20 Estaciones fluviométricas en la Región del Maule 2-40
Tabla 2 21. Idoneidad de la red hidrométrica 2-44
Tabla 2 22 Propuesta de nuevas estaciones de la red hidrométrica 2-47
Tabla 2 23 Datos disponibles de Estaciones de Aguas subterráneas y Pozos de extracción 2-49
Tabla 2 24 Datos Estaciones pluviométricas disponibles 2-51
Tabla 2 25 Unidades de Planificación Hidráulica (UPH) 2-57
Tabla 2 26 Acuíferos en la cuenca del río Maule 2-58

Tabla 2 27 Aportaciones de la cuenca del Maule (m³/s) 2-61
Tabla 2 28 Aportaciones de la cuenca del Mataquito (m³/s) 2-63
Tabla 2 29 Demandas de riego en la Cuenca del Maule (m³/s). Promedio 1991/92-2005/06 2-76
Tabla 2 30 Comparación de superficies estimadas según distintas fuentes de información, en la cuenca del Mataquito (ha) 2-77
Tabla 2 31 Superficies de riego en la cuenca del Mataquito (ha) 2-78
Tabla 2 32 Estimaciones de Demanda de Agua Uso Agropecuario (m³/s) .2-80
Tabla 2 33 Superficie sembrada por cultivos. Años 2007 a 2015 (ha) .. 2-81
Tabla 2 34 Demanda de Agua Potable Rural 2-83
Tabla 2 35 Estimaciones de Demanda de Agua Potable (m³/s) 2-84
Tabla 2 36 Demanda de agua para hidroelectricidad 2-85
Tabla 2 37 Demanda de agua uso industrial 2-87
Tabla 2 38 Estimaciones de Demanda Sector Industrial (m³/s)..... 2-88
Tabla 2 39 DAA según Tipo de Derecho 2-90
Tabla 2 40 DAA Consuntivos, según Naturaleza del Agua 2-92
Tabla 2 41 DAA Consuntivos Superficiales, según Uso del Agua 2-94
Tabla 2 42 Coberturas de Servicios en la región. 2-96
Tabla 2 43 Longitud Redes de Distribución y Recolección 2-97
Tabla 2 44 Clasificación de Sistemas de APR 2-99
Tabla 2 45 Sistemas APR* de la Región 2-100
Tabla 2 46 Objetos del modelo MAGIC 2-111
Tabla 2 47 Estaciones en la Región del Maule 2-117
Tabla 2 48 Estaciones propuestas en la Cuenca Lago Vichuquén 2-120
Tabla 2 49 Presiones y Usos significativos en la cuenca Río Mataquito 2-121
Tabla 2 50 Presiones y Usos significativos en la cuencas Costeras..... 2-122
Tabla 2 51 Presiones y Usos significativos en la cuenca del Maule 2-122
Tabla 2 52 Presiones y Usos significativos en las cuencas 2-123
Tabla 2 53 Factores Calidad de las Aguas en la Cuenca del Mataquito 2-125
Tabla 2 54 Calidad de las Aguas en la Cuenca del Río Mataquito 2-126
Tabla 2 55 Factores de Calidad de Aguas en la Cuenca del Maule..... 2-130
Tabla 2 56 Calidad del Agua en la Cuenca del Maule 2-131

Tabla 2 57 Resumen de faenas mineras en la región del Maule..... 2-144
Tabla 2 58 Catastro de Depósitos de Relave en la Región del Maule .. 2-145
Tabla 2 59 Descargas de riles en la Región del Maule 2-148
Tabla 2 60 N° de iniciativas sometidas al SEIA 1992-2016..... 2-164
Tabla 2 61 Resumen de procesos de fiscalización ambiental en la Región del Maule..... 2-166
Tabla 2 62 Cantidad de derechos de aprovechamiento de aguas concedidos en la región 2-171
Tabla 2 63 Derechos de aprovechamiento de aguas Otorgados en la región 2-171
Tabla 2 64 Listado de Decretos de escasez por la DGA en la Región de Maule 2-190
Tabla 2 65 Antecedentes de Inundaciones 2-198
Tabla 2 66 Fechas de crecidas para el Río Maule y alrededores..... 2-200
Tabla 2 67 Zonas de riesgo por inundación, cuenca Maule 2-200
Tabla 2 68 Número de visitantes al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas(SNAPES), 2009 2-237
Tabla 2 69 Antecedentes Estadísticos Regionales 2-273
Tabla 2 70 Antecedentes Estadísticos por Provincia 2-275
Tabla 2 71 Comunas por Cuencas Prioritarias 2-276
Tabla 2 72 Resumen del Programa de Participación Ciudadana desarrollado 2-280
Tabla 2 73 Miembros del Comité Técnico Asesor 2-281
Tabla 2 74 Resumen de asistencia al Comité Técnico 2-284
Tabla 2 75 Entrevistados 2-285
Tabla 2 76 Entrevistados 2-308
Tabla 2 77 Calendario de los talleres por UDE 2-324
Tabla 2 78 Emisoras contratadas por UDE 2-325
Tabla 2 79 Resumen Asistencia a Talleres por UDE 2-329
Tabla 2 80 Actores participantes por tipología UDE Linares 2-330
Tabla 2 81 Aspectos o situaciones priorizados UDE Linares 2-331
Tabla 2 82 Calificaciones por pregunta UDE Linares 2-334
Tabla 2 83 Actores participantes por tipología UDE Curicó..... 2-336

Tabla 2 84 Aspectos o situaciones priorizados UDE Curicó..... 2-337
Tabla 2 85 Calificaciones por pregunta UDE Curicó 2-339
Tabla 2 86 Actores participantes por tipología UDE Cauquenes 2-340
Tabla 2 87 Aspectos o situaciones priorizados 2-341
Tabla 2 88 Actores participantes por tipología UDE Talca 2-343
Tabla 2 89 Aspectos o situaciones priorizados UDE Talca 2-344
Tabla 2 90 Principales Aspectos o situaciones planteadas..... 2-347

Tabla 3- 1 Distribución de los recursos hídricos naturales por UPH (año medio) 3-15
Tabla 3-2 Distribución mensual de las aportaciones naturales (hm3/año) (año medio)..... 3-16
Tabla 3-3 Formaciones hidrogeológicas que afloran en la VII Región Maule 3-23
Tabla 3-4 Acuíferos identificados en la Región de Maule 3-33
Tabla 3-5 Síntesis de los datos hidrogeológicos más relevantes de los acuíferos 3-35
Tabla 3-6 Explotación de acuíferos y calidad de sus aguas 3-40
Tabla 3-7 Situación aguas subterráneas en la Región VII Maule..... 3-43
Tabla 3-8 Comparación entre la recarga subterránea en UPH de las cuencas del Mataquito y Costeras 3-54
Tabla 3-9 Comparación entre la recarga subterránea en UPH de la Cuenca del Maule..... 3-55
Tabla 3-10 Situación de los acuíferos de la VII Región del Maule 3-56
Tabla 3-11 Resumen de los recursos hídricos en la VII Región del Maule (año medio) 3-58
Tabla 3-12 Factor reductor medio de los Recursos Hídricos 3-62
Tabla 3-13 Recursos hídricos naturales medios (hm3/año) para distintas probabilidades de excedencia (parcial) 3-65
Tabla 3-14. Recursos hídricos naturales medios (hm3/año) para distintas probabilidades de excedencia (acumulado) 3-65

Tabla 3-15 Recursos hídricos naturales medios subterráneos (hm3/año) para distintas probabilidades de excedencia (parcial) 3-66
Tabla 3-16 Recursos hídricos naturales medios (hm3/año) subterráneos para distintas probabilidades de excedencia (acumulado) 3-67
Tabla 3-17 Recursos Hídricos Naturales medios superficiales (hm3/año) para distintas probabilidades de excedencia (parcial) 3-67
Tabla 3-18 Recursos Hídricos Naturales medios superficiales (hm3/año) para distintas probabilidades de excedencia (acumulado) 3-68
Tabla 3-19 Superficie agraria regada en 20057 según distintas fuentes3-73
Tabla 3-20 Demanda agraria en 2005 según distintas fuentes..... 3-75
Tabla 3-21 Dotaciones resultantes en 2005 según distintas fuentes8 .. 3-75
Tabla 3-22 Superficie agraria estimada en 2015 3-79
Tabla 3-23 Demanda agraria resultante en 2015 3-79
Tabla 3-24 Hipótesis de demanda agraria a considerar en los balances hídricos 3-80
Tabla 3-25 Demanda pecuaria..... 3-81
Tabla 3-26 Demanda poblacional 2005..... 3-83
Tabla 3-27. Demanda poblacional actual 2015 3-85
Tabla 3-28 Distribución mensual de la demanda poblacional. Situación actual 2015 3-88
Tabla 3-29 Demanda industrial de referencia 2005 3-89
Tabla 3-30 Ratios de la demanda industrial..... 3-90
Tabla 3-31 Demanda industrial en la situación actual 2015 3-91
Tabla 3-32. Demanda forestal de referencia 2005..... 3-93
Tabla 3-33 Demanda forestal actual 2015..... 3-94
Tabla 3-34 Demandas consuntivas totales (hm3/año). Situación actual 2015 3-97
Tabla 3-35 Distribución mensual de las demandas consuntivas totales. Situación actual 2015..... 3-99
Tabla 3-36 Demandas consuntivas totales (hm3/año). Demanda maximalista 3-101
Tabla 3-37 Distribución mensual de las demandas consuntivas totales. Situación actual 2015..... 3-103

Tabla 3- 38 Distribución mensual de las demandas consuntivas totales. Situación actual 2015 3-105
Tabla 3-39 Resumen de los recursos hídricos en la VII Región del Maule (año medio) 3-106
Tabla 3-40 Comparativo de recarga Subterránea en UPH de las cuencas del rio Mataquito y Costeras 3-113
Tabla 3-41 Comparativo de Recarga Subterránea en UPH de la Cuenca del Maule 3-114
Tabla 3 42 Longitud de Cauces Principales Aproximadas 3-117
Tabla 3 43 Caudal No Consuntivo Equivalente de Cauces Principales Aproximadas. 3-117
Tabla 3- 44 Comparación No Consuntivo Caudal Equivalente, Balance de Masas (ordenados por cuenca) 3-118
Tabla 3-45 Relación de embalses en la VII Región distribuidos por UPH 3-118
Tabla 3-46 Transporte y/o trasvases de agua por canales entre las UPH o Regiones 3-120
Tabla 3-47 Volúmenes medios mensuales canales de riego y volumen anual 125
Tabla 3-48 Escenarios hídricos considerados 3-133
Tabla 3-49. Aportaciones a considerar en los balances (año medio, hm3/año) 3-138
Tabla 3-50 Balances hídricos parciales RHN medio con trasvases y demanda maximalista (hm3/año) 3-141
Tabla 3-51 Balances hídricos acumulados RHN medio con trasvases y demanda maximalista (hm3/año) 3-143
Tabla 3-52 Balances hídricos parciales RHN medio y demanda maximalista (hm3/año) 3-167
Tabla 3-53 Balances hídricos acumulados en régimen natural (año medio y demanda maximalista) (hm3/año) 3-168
Tabla 3-54 Balances hídricos parciales RHN 85% con trasvases 3-171
Tabla 3-55 Balances hídricos acumulados RHN 85% con trasvases y demanda maximalista (hm3/año) 3-172

Tabla 3-56 Balances hídricos parciales RHN 85% y demanda maximalista (hm3/año) 3-176
Tabla 3-57 Balances hídricos acumulados RHN 85% y demanda maximalista (hm3/año) 3-177
Tabla 3-58 Balances hídricos parciales RHN 85% con trasvases y demanda actual 3-187
Tabla 3-59 Balances hídricos acumulados RHN 85% con trasvases y demanda actual 3-189
Tabla 3-60 Balances hídricos parciales RHN 85% y demanda actual .. 3-191
Tabla 3-61 Balances hídricos acumulados RHN 85% y demanda actual (hm3/año) 3-192
Tabla 3-62. Balances hídricos parciales RHN 2010-15 y demanda maximalista 3-202
Tabla 3-63 Balances hídricos acumulados RHN 2010-15 y demanda maximalista 3-204
Tabla 3-64 Balances hídricos parciales RHN 2010-15 y demanda maximalista (hm3/año) 3-207
Tabla 3-65 Balances hídricos acumulados RHN 2010-15 y demanda maximalista 3-208
Tabla 3-66 Balances hídricos parciales RHN 2010-15 con trasvases y demanda actual 3-218
Tabla 3-67 Balances hídricos acumulados RHN 2010-15 con trasvases y demanda actual 3-220
Tabla 3-68 Balances hídricos parciales RHN periodo 2010-15 y demanda actual 3-222
Tabla 3-69 Balances hídricos acumulados RHN periodo 2010-15 y demanda actual 3-223
Tabla 3-70 Análisis de escenarios. Conclusiones 3-233

Tabla 4-1 Número de DAA pendientes 4-4
Tabla 4- 2 Número de solicitudes de DAA denegadas, según comuna 4-7

Tabla 4- 3 Número de solicitudes de DAA denegadas, según UPH 4-9
Tabla 4-4 Áreas de Restricción subterráneas. Disponibilidad hídrica en el momento de su declaración, marzo 2015 (hm³/año) 4-11
Tabla 4-5 Áreas de Restricción subterráneas. Disponibilidad para nuevos DAA Provisionales (hm³/año) 4-14
Tabla 4-6 DAA Provisionales otorgados en el Área de Restricción Sector Acuífero Teno-Lontué 4-15
Tabla 4-7 DAA Provisionales otorgados en el Área de Restricción Sector Acuífero Belco-El Arenal 4-21
Tabla 4-8 Campos de contenido del Catastro Público de Aguas 4-26
Tabla 4-9 Número de DAA según el criterio de asignación de UPH..... 4-31
Tabla 4-10 DAA según el criterio de asignación de UPH. Volumen (hm³/año) 4-33
Tabla 4-11 DAA Consuntivos según naturaleza del agua 4-35
Tabla 4-12 Comparación del número de DAA con el Atlas del Agua 2016 4-38
Tabla 4-13 Comparación de los volúmenes otorgados de DAA con el Atlas del Agua 2016..... 4-40
Tabla 4-14 Distribución del volumen otorgado (hm³/año) de DAA consuntivos, según naturaleza del agua (superficiales y subterráneos) 4-43
Tabla 4-15 Distribución del volumen otorgado (hm³/año) de DAA consuntivos, según UPH y naturaleza del agua (superficiales y subterráneos) 4-46
Tabla 4-16 Redistribución del volumen otorgado (%) de DAA consuntivos, según UPH y naturaleza del agua 4-47
Tabla 4-17 Redistribución del volumen otorgado (hm³/año) de DAA consuntivos, según UPH y naturaleza del agua 4-49
Tabla 4-18 Distribución mensual del volumen otorgado (hm³) de DAA consuntivos, según UPH y naturaleza del agua (superficiales y subterráneos) 4-52
Tabla 4-19 Distribución mensual del volumen otorgado (hm³) de DAA consuntivos, según UPH y naturaleza del agua (superficiales y subterráneos) 4-55

Tabla 4-20 Demandas consuntivas actuales 4-58
Tabla 4-21 Volumen otorgado de DAA consuntivos, sin y con factor de uso (hm³/año) 4-60
Tabla 4-22 Relación entre volúmenes de DAA otorgados y demandas actuales 4-61
Tabla 4-23 Recursos Hídricos Naturales (hm³/año) 4-63
Tabla 4-24 Estimación de Caudal Ecológico por UPH (hm³/año)..... 4-64
Tabla 4-25 Disponibilidad hídrica de aguas superficiales (hm³/año) 4-64
Tabla 4-26 Disponibilidad hídrica de aguas superficiales corregida por derechos no consuntivos (hm³/año)..... 4-67
Tabla 4-27 Disponibilidad hídrica de aguas subterráneas (hm³/año) ... 4-68

Tabla 5-1 Relación de embalses en la Región del Maule distribuidos por UPH 5-6
Tabla 5-2 Centrales Hidroeléctricas en La Región..... 5-8
Tabla 5-3 Proyectos hidroeléctricos en construcción en la región del Maule 5-11
Tabla 5-4 Principales Canales de la región del Maule 5-13
Tabla 5-5 Transporte y/o trasvases de agua por canales entre las UPH o Regiones 5-27
Tabla 5-6 Canales Principales del Río Teno..... 5-31
Tabla 5-7 Canales principales distribuidos por el Río Lontué 5-35
Tabla 5-8 Canales principales del Río Mataquito 5-41
Tabla 5 9 Canales principales y derivaciones de los sistemas de riego de la cuenca del río Maule 5-44
Tabla 5-10 Empresas De Desarrollo Sanitario En La Región Del Maule. Captación Y Saneamiento. 5-53
Tabla 5-11 Densidad mínima recomendada por la OMM para las estaciones (área en km2/estación) 5-58
Tabla 5-12 Densidad de estaciones meteorológicas por cuencas 5-59
Tabla 5-13 Estaciones De Seguimiento Meteorológico 5-60
Tabla 5-14 Distribución de estaciones meteorológicas por UPH..... 5-62
Tabla 5-15 Densidad de estaciones Fluviométricas por cuencas 5-64

Tabla 5-16 Red De Estaciones Fluviométricas En La Región Del Maule . 5-64
Tabla 5-17 Distribución de estaciones fluviometricas por UPH 5-64
Tabla 5-18 Estaciones Subterráneas Región del Maule..... 5-73
Tabla 5-19 Estaciones de Seguimiento de niveles de Lagos y Embalses5-74
Tabla 5-20 Estaciones de Calidad de aguas en la Región del Maule 5-75
Tabla 5-21 Propuesta de Nuevas estaciones de Calidad de Aguas 5-80
Tabla 5-22 Evolución Red Hidrométrica 5-80
Tabla 5-23 Evolución en la instrumentalización de la red hidrométrica. 5-81
Tabla 5-24 Idoneidad de la red hidrométrica 5-83
Tabla 5-25. Evolución Red Hidrométrica 5-85
Tabla 5-26 Estaciones Red Agroclima 5-90
Tabla 5-27 Estaciones Red Dirección Meteorológica de Chile (DMC) 5-92
Tabla 5-28 Estaciones Red CITRA UTALCA 5-93
Tabla 5-29 Resumen estaciones Meteorológicas Regionales del Maule, distribuidas por UPH 5-96
Tabla 5-30 Obras Fluviales Región del Maule..... 5-98
Tabla 5-31 Resumen de las conclusiones de Planes Maestros de evacuación y drenaje de Aguas Lluvias de la Región del Maule..... 5-105
Tabla 5-32 Niveles de alerta en estaciones Fluviométricas 5-107
Tabla 5-33 Niveles de alerta en estaciones Pluviométricas 5-108

Tabla 6- 1 Red hidrométrica en la cuenca 6-7
Tabla 6- 2 Concentraciones promedio de parámetros en estaciones de la Subcuenca del río Teno 6-8
Tabla 6- 3 Concentraciones promedio de parámetros en estaciones de la subcuenca del río Lontué 6-10
Tabla 6- 4 Red hidrométrica en la cuenca 6-12
Tabla 6- 5 Concentraciones promedio de parámetros en la estación de la cuenca baja del río Mataquito..... 6-12
Tabla 6- 6 Red Hidrométrica en la Cuenca 6-15
Tabla 6- 7 Concentraciones promedio de parámetros en la estación de la subcuenca de cabecera del río Maule 6-16

Tabla 6- 8 Red hidrométrica en la cuenca 6-18
Tabla 6- 9 Concentraciones promedio de parámetros en las estaciones del río Maule en la cuenca media y baja del río Maule 6-19
Tabla 6- 10 Concentraciones promedio de parámetros en las estaciones de la cuenca del río Claro 6-21
Tabla 6- 11 Red hidrométrica en la cuenca 6-24
Tabla 6- 12 Concentraciones promedio de parámetros en las estaciones de la cuenca del río Perquilauquén 6-24
Tabla 6- 13 Red hidrométrica en la cuenca del Río Loncomilla 6-27
Tabla 6- 14 Concentraciones promedio de parámetros en las estaciones de la cuenca del río Loncomilla 6-28
Tabla 6- 15 Red hidrométrica en la cuenca del Lago Vichuquén 6-30
Tabla 6- 16 Estadísticas históricas de parámetros medidas en la estación "Pozo Sector Lago Vichuquén" 6-31
Tabla 6- 17 Pozos de monitoreo de calidad de aguas subterráneas 6-32
Tabla 6- 18 Red hidrométrica en la cuenca 6-33
Tabla 6- 19 Estadísticas históricas de parámetros medidas en la estación "Pozo Sector Lora" 6-33
Tabla 6- 20 Pozos de monitoreo en la Cuenca Baja del Mataquito 6-36
Tabla 6- 21 Red hidrométrica en la cuenca 6-38
Tabla 6- 22 Estadísticas históricas de parámetros medidas en la estación "Pozo Viña Concha y Toro" 6-39
Tabla 6- 23 Red hidrométrica en la cuenca 6-41
Tabla 6- 24 Estadísticas históricas de parámetros medidas en la estación "Pozo Lara Benavente" 6-42
Tabla 6- 25 Red hidrométrica en la cuenca 6-45
Tabla 6- 26 Estadísticas históricas de parámetros medidas en la estación "Pozo Fundo la Estrella" 6-45
Tabla 6- 27 Principales asentamientos en la UPH 2 6-48
Tabla 6- 28 Plantas de tratamiento de aguas servidas en la UPH 2..... 6-49
Tabla 6- 29 Descargas autorizadas por la SISS en la UPH 2 6-50
Tabla 6- 30 Plantas de tratamiento de aguas servidas en la UPH 3..... 6-51
Tabla 6- 31 Plantas de tratamiento de aguas servidas en la UPH 4..... 6-52

Tabla 6- 32 Plantas de tratamiento de aguas servidas en la UPH 6..... 6-54
Tabla 6- 33 Descargas autorizadas por la SISS en la UPH 6 6-55
Tabla 6- 34 Plantas de tratamiento de aguas servidas en la UPH 7..... 6-56
Tabla 6- 35 Descargas autorizadas por la SISS en la UPH 7 6-57
Tabla 6- 36 Plantas de tratamiento de aguas servidas en la UPH 8..... 6-58
Tabla 6- 37 Descargas autorizadas por la SISS en la UPH 8 6-59
Tabla 6- 38 Plantas de tratamiento de aguas servidas en la UPH 9..... 6-60
Tabla 6- 39 Estimación de la población en función de las demandas en la UPH 1 6-64
Tabla 6- 40 Estimación de la población en función de las demandas en la UPH 2 6-65
Tabla 6- 41. Uso agrícola del agua en la UPH 2 6-65
Tabla 6- 42 Estimación de la población en función de las demandas en la UPH 3 6-66
Tabla 6- 43 Uso agrícola del agua en la UPH 3..... 6-67
Tabla 6- 44 Estimación de la población en función de las demandas en la UPH 4 6-68
Tabla 6- 45 Estimación de la población en función de las demandas en la UPH 5 6-69
Tabla 6- 46 Lagunas de la UPH 5 6-70
Tabla 6- 47 Estimación de la población en función de las demandas en la UPH 6 6-70
Tabla 6- 48 Lagunas de la UPH 6 6-71
Tabla 6- 49 Estimación de la población en función de las demandas en la UPH 7 6-72
Tabla 6- 50 Lagunas de la UPH 5 6-73
Tabla 6- 51 Estimación de la población en función de las demandas en la UPH 8 6-73
Tabla 6- 52 Lagunas de la UPH 5 6-74
Tabla 6- 53 Estimación de la población en función de las demandas en la UPH 9 6-74
Tabla 6- 54 Lagunas de la UPH 9 6-75
Tabla 6- 55 Caudal ecológico estimado por UPH (hm^3/año)..... 6-76

Tabla 6- 56 Vulnerabilidad estimada de los acuíferos de la Región del Maule 6-80

Tabla 7-1 Vegetación característica áreas protegidas Región del Maule.. 7-7
Tabla 7-2 Especies categoría conservación áreas silvestres Región del Maule 7-8
Tabla 7-3 Fauna característica áreas protegidas Región del Maule 7-9
Tabla 7-4 Áreas Silvestres Protegidas del Estado 7-11
Tabla 7-5 Áreas Silvestres Protegidas Privadas 7-12
Tabla 7-6 Santuarios de la Naturaleza en la Región del Maule 7-14
Tabla 7-7 Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad ... 7-16
Tabla 7-8 Humedales de la Región del Maule..... 7-16
Tabla 7-9 Usos del suelo en la región del Maule, según Catastro de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile 21
Tabla 7-10 Tipo de industrias con descargas autorizadas por la SISS en la Región 7-23
Tabla 7-11 Número de faenas mineras en la región del Maule 7-25
Tabla 7-12 Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas en la Región del Maule 7-27
Tabla 7-13 Número de centros autorizados en la región del Maule 7-29
Tabla 7-14 Estuarios propuestos como Áreas Apropiadas en la Región del Maule..... 7-30
Tabla 7-15 Estudios de Impacto Ambiental aprobados en la región 7-36
Tabla 7-16 Declaraciones de Impacto Ambiental aprobadas en la región..7-39
Tabla 7-17. Fiscalizaciones ambientales realizadas en la región, por categoría del fiscalizado 7-44
Tabla 7-18 Fiscalizaciones ambientales realizadas en la región, por comuna 7-45
Tabla 7-19 Procesos de Fiscalización concluidos con sanción o pre instrucción 7-46
Tabla 7-20 Empresas con procesos sancionatorios en la región 7-46

Tabla 7-21 Cantidad de derechos de aprovechamiento de aguas concedidos en la región 7-50
Tabla 7-22 Cantidad de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales concedidos por cuenca 7-50
Tabla 7-23 Caudal ecológico estimado por UPH (hm³/año) 7-51
Tabla 7-24 Proyectos susceptibles de reservar caudales ambientales .. 7-52

Tabla 8-1 Acciones y Planes para Control de Crecidas e Inundaciones del Maule..... 8-14
Tabla 8-2 Labores de fiscalización relevantes al control de crecidas 8-16
Tabla 8-3 Total de infracciones por tipo entre 2009-2016 por la DGA .. 8-17
Tabla 8-4 Análisis por UPH de antecedentes recopilados 8-20
Tabla 8-5 Origen de los Problemas por Inundación Rio Achibueno y Longaví 8-24
Tabla 8-6 Eventos Críticos y caudales máximos instantáneos asociados al embalse Colbún..... 8-29
Tabla 8-7. Matriz de Monitoreo de Sequía al 30 de Junio 2016 8-41
Tabla 8-8 Instrumentos y herramientas de gestión de sequias 8-43
Tabla 8-9 Condiciones Hidrometeorológicas para calificar escasez..... 8-45
Tabla 8-10 Análisis del estado de los embalses de la región para la época da riego..... 8-46
Tabla 8-11 Histórico de sequias en la Región del Maule 8-48
Tabla 8-12 Resoluciones DGA de restricciones de Áreas de Restricción de Aguas Subterráneas dentro de la Región del Maule 8-51
Tabla 8-13 Comunas en Emergencia Agrícola 8-51
Tabla 8-14 Período de retorno de sequias asignado por comuna. 8-62

Tabla 9-1 Definición de Áreas Temáticas 9-36
Tabla 9-2 Comparación por área temática de instrumentos para la gestión de recursos hídricos. 9-40
Tabla 9-3 Comparación por área temática de instrumentos de desarrollo regional..... 9-46

Tabla 9-4 Comparación por área temática de Instrumentos de Adaptación al Cambio Climático..... 9-52

Tabla 10-1. Descripciones de cargo del Departamento de Hidrología . 10-28
Tabla 10-2. Evaluación de funciones generales del Departamento de Hidrología 10-30
Tabla 10-3. Porcentaje de funcionamiento de las estaciones hidrométricas de la región 10-34
Tabla 10-4. Descripciones de cargo del DARH 10-38
Tabla 10-5. Evaluación de funciones generales del DARH..... 10-41
Tabla 10-6. Metas de cumplimiento de Expedientes Resueltos, 2016. 10-46
Tabla 10-7. Metas de cumplimiento de Expedientes Resueltos, 2017. 10-46
Tabla 10-8. Descripciones de cargo del Departamento de Fiscalización y Medioambiente..... 10-50
Tabla 10-9. Evaluación de funciones generales de la Unidad de Fiscalización y Medioambiente 10-52
Tabla 10-10. Tipificación de causales de fiscalización por año..... 10-54
Tabla 10-11. Cumplimiento de Producto Estratégico Denuncia y Fiscalización de la Unidad de Fiscalización y Medio Ambiente 10-57
Tabla 10-12. Cumplimiento de Producto Pronunciamientos Ambientales de la Unidad de Fiscalización y Medio Ambiente, año 2016 10-58
Tabla 10-13. Número de proyectos sometidos al SEIA tramitados..... 10-58
Tabla 10-14 Iniciativas, Proyectos e Iniciativas relativas al subsector Riego 10-125
Tabla 10-15 Iniciativas, Proyectos e Iniciativas relativas al subsector Saneamiento y Aguas Lluvias 10-129
Tabla 10-16 Iniciativas, Proyectos e Iniciativas relativas al subsector Agua Potable.....10-131
Tabla 10-17 Iniciativas, Proyectos e Iniciativas relativas al subsector Defensas Fluviales, Marítimas y Cauces Artificiales.....10-133
Tabla 10-18 Iniciativas, Proyectos e Iniciativas relativas al subsector Recursos Hídricos 10-135

Tabla 10-19 Iniciativas, Proyectos e Iniciativas relativas al subsector Paisajístico, Turismo y Recreación 10-138
Tabla 10-20 Iniciativas, Proyectos e Iniciativas relativas al subsector Industrial 10-140
Tabla 10-21 Iniciativas, Proyectos e Iniciativas relativas al subsector Bosque Nativo 10-142
Tabla 10-22. Juntas de Vigilancia de la región del Maule.....10-149
Tabla 10-23 Presupuesto en Camiones Aljibe, Región del Maule 10-171
Tabla 10-24. CBR de Parral Años 1994, 2004 y 2014 10-179
Tabla 10-25. CBR de Linares Años 1994, 2004 y 2014 10-179
Tabla 10-26. CBR de Cauquenes, Años 1994 y 2014 10-180
Tabla 10-27. CBR de San Carlos, Años 1994 y 2014 10-180
Tabla 10-28. Valor estimado por L/S o acciones. Cuenca del Río Maule. 10-184
Tabla 10-29. Derechos de aprovechamiento transados en la cuenca del río Mataquito 10-185
Tabla 10-30. Transacciones de derechos de aguas evaluadas en CBRs de Curicó y Talca 10-186

Tabla 11-1 Principios Básicos para el gerenciamiento de los Recursos Hídricos en el mundo 11-3
Tabla 11-2 Desafíos/retos/medidas para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en Chile 11-6
Tabla 11-3 Capas base (SIG) 11-37
Tabla 11-4 Capas Técnicas (SIG)..... 11-38
Tabla 11-5 Capas PMRH Maule (SIG) 11-39
Tabla 11-6 Resumen Red Hidrométrica DGA a 2016 (número de estaciones vigentes)..... 11-41
Tabla 11-7. Densidad mínima recomendada por la OMM para las estaciones (área en km2/estación)..... 11-44
Tabla 11-8 Densidad de estaciones meteorológicas (EM) por UPH..... 11-48
Tabla 11-9. Densidad de estaciones fluviométricas (EF) en cauce por UPH 11-52

Tabla 11-10 Propuesta de estaciones de Calidad de las aguas, Región del Maule 11-57
Tabla 11-11 Estaciones para nivel de embalses 11-59
Tabla 11-12 Estaciones sedimentométricas 11-59
Tabla 11-13. Evolución Red Hidrométrica 11-62
Tabla 11-14 Síntesis de Información básica para la Gestión de los Recursos Hídricos 11-65

Tabla 12-1 Tabla de SS.EE finales para CSE aplicados a la región del Maule 12-8
Tabla 12-2 Unidades proveedoras de servicios ecosistémicos identificadas 12-11
Tabla 12-3 Fiestas Costumbristas 12-15
Tabla 12-4 Fiestas Costumbristas 12-16
Tabla 12-5 Fiestas Costumbristas 12-17
Tabla 12-6 Categorías de atractivos Turísticos (2014) 12-26
Tabla 12- 7 Destinos turísticos según la clasificación de estado de desarrollo del destino Turístico 27
Tabla 12-8.Revisión de proyectos aprobados en el sistema de evaluación de impacto ambiental. Medidas de Conservación SEIA 12-43
Tabla 12-9 Diagnóstico de los servicios ecosistémicos 12-50
Tabla 12-10 Diagnóstico sobre las actividades culturales 12-53
Tabla 12-11 Diagnóstico sobre las actividades económicas 12-54

Tabla 13-1 Dimensiones de Estudio 13-9
Tabla 13-2 Objetivos del Plan Maestro de los Recursos Hídricos Región del Maule. 13-11
Tabla 13-3 Relación de Objetivos con Estrategia Regional de Desarrollo 2020 13-14
Tabla 13-4 Análisis de compatibilidad entre los objetivos del Plan Maestro 13-17
Tabla 13-5 Brechas identificadas para el objetivo 01 Manejo de Recursos Hídricos 13-19

Tabla 13-6 brechas identificadas para el objetivo 02 Información 13-23
Tabla 13-7 brechas identificadas para el objetivo 03 Situación legal.. 13-27
Tabla 13-8 Brechas identificadas para el objetivo 04 Consumo Humano 13-30
Tabla 13-9 Disponibilidad de Agua potable y alcantarillado en Localidades aisladas..... 13-33
Tabla 13-10 Calidad Agua Cruda 13-35
Tabla 13-11 Brechas identificadas para el objetivo 05 Riego 13-38
Tabla 13-12 Descripción la Infraestructura Extrapredial por Unidad de Planificación..... 13-40
Tabla 13-13 Descripción de Calidad de Aguas en canales, Cuenca Achibueno 13-45
Tabla 13-14 Brechas identificadas para el objetivo 06 Industria y Energía 13-47
Tabla 13-15 Caracterización Industrial por Unidad de Planificación.... 13-48
Tabla 13-16 Brechas identificadas para el objetivo 07 Usos No Extractivos 13-52
Tabla 13-17 Usos del suelo en la región del Maule, según Catastro de Recursos Vegetaciones Nativos de Chile (superficie en ha)..... 13-56
Tabla 13-18 Brechas identificadas para el objetivo 08 Calidad de Aguas 13-57
Tabla 13-19 Propuesta de estaciones de Calidad de las aguas, Región del Maule..... 13-60
Tabla 13-20 Brechas identificadas para el objetivo 09 Medio Ambiente.. 13-61
Tabla 13-21 Cantidad de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales concedidos por cuenca 13-62
Tabla 13-22Proyectos susceptibles de reservar caudales ambientales 13-62
Tabla 13-23 Brechas identificadas para el objetivo 10 Ordenamiento Territorial 13-64
Tabla 13-24 Brechas identificadas para el objetivo 11 Eventos Extremos 13-67

Tabla 13-25 Dictación de Decretos de Escasez en la Región del Maule desde el año 2008 13-68
Tabla 13-26 Brechas identificadas para el objetivo 12 Gestión Integrada de Recursos Hídricos 13-73
Tabla 13-27 Brechas identificadas para el objetivo 13 DGA regional .. 13-75
Tabla 13-28 Brechas identificadas para el objetivo 13.1 Estudios y Planificación 13-76
Tabla 13-29 Brechas identificadas para el objetivo 13.2 Hidrología ... 13-78
Tabla 13-30 Brechas identificadas para el objetivo 13.3 Administración de Recursos Hídricos 13-80
Tabla 13-31 Brechas identificadas para el objetivo 13.4 Fiscalización 13-83
Tabla 13-32 Brechas identificadas para el objetivo 14 Coordinación interinstitucional 13-85
Tabla 13-33 Líneas de Acción DGA. Cuenca del Río Mataquito 13-88
Tabla 13-34 Líneas de Acción DGA. Cuenca del Río Maule 13-88
Tabla 13-35 Líneas de Acción DGA Catastradas. Regional 13-89
Tabla 13-36 Consolidado de Brechas, Objetivos, Líneas y Sub Líneas de Acción 13-92
Tabla 13-37 Relación entre Líneas de Acción DGA y Líneas de Acción propuestas 13-102
Tabla 13-38 Contacto para levantamiento de iniciativas con actores públicos y privados 13-107
Tabla 13-39 iniciativas catastradas a incorporar en el PMRHM 13-109
Tabla 13-40 Listado de Iniciativas del Plan Maestro de Recursos Hídricos 13-119

Tabla 14-1 Programas, Objetivos y Líneas de Acción del Plan Maestro de Recursos Hídricos 14-5
Tabla 14-2 Criterios de evaluación Técnica 14-13
Tabla 14-3 Criterios de evaluación Económica iniciativas estructurales 14-17
Tabla 14-4 Criterios de evaluación Económica de Iniciativas No Estructurales 14-19

Tabla 14-5 Criterios de evaluación ambiental 14-22
Tabla 14-6 Criterios de Factibilidad 14-25
Tabla 14-7 Criterios de Compatibilidad con Líneas de Acción DGA Regional 14-31
Tabla 14-8 Criterios de Participación Ciudadana 14-33
Tabla 14-9 Criterios de Participación Ciudadana 14-35
Tabla 14- 10 Criterios para la priorización de iniciativas 14-37
Tabla 14-11 Iniciativas propuestas priorizadas en el corto, mediano y largo plazo..... 14-38
Tabla 14- 12 Carta Gantt de Inversión (millones de pesos), para Iniciativas Propuestas y Catastradas 14-49
Tabla 14-13 Presupuesto en iniciativas Propuestas según tipología de inversión (millones de pesos)..... 14-64
Tabla 14-14 Presupuesto en iniciativas Catastradas según tipología de inversión (millones de pesos)..... 14-65
Tabla 14-15 Presupuesto en iniciativas Propuestas según tipología de inversión (millones de pesos)..... 14-65
Tabla 14- 16 Presupuesto del Plan según fuente de financiamiento y sector de inversión (millones de pesos) 14-67
Tabla 14-17 Presupuesto del Plan según fuente de financiamiento e institución responsable (millones de pesos) 14-69
Tabla 14- 18 Periodo de implementación de las Iniciativas del Plan Regional 14-71
Tabla 14- 19 Indicadores de Seguimiento 14-72
Tabla 14-20 Matriz de evaluación de cumplimiento por objetivos 14-72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2 1 División administrativa de Provincias y Comunas 2-2
Figura 2 2 Densidad Poblacional Urbana y Rural 2-4
Figura 2 3 Sectores de Clima en la región 2-7
Figura 2 4 Clima de verano en la región 2-8
Figura 2 5 División en subcuencas 2-11

Figura 2 6 Distribución por tipo de documento de los antecedentes recopilados 2-17
Figura 2 7 Distribución por temática de los Antecedentes 2-17
Figura 2 8 Análisis del catastro de antecedentes. Estudios e Informes Técnicos. 2-21
Figura 2 9 Estaciones meteorológicas de la Región VII – Maule. 2-31
Figura 2 10 Estaciones Fluviométricas de la Región del Maule. 2-35
Figura 2 11 Sectorización de acuíferos de la cuenca del Maule y localización de Estaciones de Aguas Subterráneas 2-37
Figura 2 12 Sectorización de los acuíferos de la cuenca del Mataquito y localización de Estaciones de Aguas Subterráneas 2-38
Figura 2 13 Unidades de Planificación Hidráulica 2-56
Figura 2 14 Acuíferos de la cuenca del Maule 2-59
Figura 2 15 Acuíferos en la cuenca del río Mataquito 2-60
Figura 2 16 Tipo de régimen en la cuenca del río Maule 2-62
Figura 2 17 Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común. Maule Medio Norte y Maule Medio Sur 2-68
Figura 2 18 Zonas de Riego en la Cuenca del Maule 75
Figura 2 19 Zonas de Riego en la Cuenca del Mataquito 2-79
Figura 2 20 Diagrama Unifilar con la Ubicación de Estaciones de Calidad de agua en la Región del Maule 2-119
Figura 2 21 Captación de aguas superficiales 2-169
Figura 2 22 Diagrama sobre caudal ecológico mínimo y caudal ambiental 2-170
Figura 2 23 Niveles de reacción y respuesta por todos los niveles de participación 2-189
Figura 2 24 Figura ilustrativa de la Zona de inundación de la Comuna de Constitución por Tsunami y desborde Natural del Maule. 2-192
Figura 2 25 Inundación de los cauces naturales de los ríos Maule, Longaví, Putagán, Liguay, Archibueno y Loncomilla. 2-194
Figura 2 26 Plano de zonificación urbana perteneciente al PRC Pelluhue donde se detalla las zonas de riegos por inundaciones. 2-195

Figura 2 27 Fragmento de Plano del PRC de Licantén, zonas de riesgo. 2-196
Figura 2 28 Zonificación según riesgo de inundación (alta, media, baja) 2-197
Figura 2 29: Diagrama de los lineamientos del Plan 2-223
Figura 2 30: Esquema global de causas, efectos y variables de medición del grado de desarrollo de la Región 2-227
Figura 2 31 Unidades Político Administrativas..... 2-274
Figura 2 32 Unidades de Desarrollo Estratégico 2-277
Figura 2 33 Fotografías Sesión 17.02.2016 2-283
Figura 2 34 Fotografías Sesión 28.04.2016 2-283
Figura 2 35 Diagrama de Talleres 2-328
Figura 2 36 Asistencia por tipología de actor 2-328
Figura 2 37: Gráfico calificaciones UDE Linares..... 2-333
Figura 2 38: Fotografías de la actividad UDE Linares 2-335
Figura 2 39 Gráfico calificaciones UDE Curicó 2-338
Figura 2 40: Fotografías de la actividad UDE Curicó 2-339
Figura 2 41 Fotografías de la actividad UDE Cauquenes 2-343
Figura 2 42: Fotografías de la actividad UDE Talca 2-345

Figura 3- 1 Diagrama conceptual del modelo MPL 3-10
Figura 3- 2 Razón Caudal invierno/Caudal anual 3-12
Figura 3-3 Esquema unifilar del Sistema Melado 3-121
Figura 3-4 Esquema unifilar del Maule..... 3-122
Figura 3-5 Esquema unifilar del Sistema Maitenes 3-123

Figura 4- 1 Área Recursos subterráneos acuífero Teno-Lontué..... 4-12
Figura 4- 2 Área Acuífero Belco Arenal, zona de influencia 4-13

Figura 5-1 Red de Canales Región del Maule 5-12
Figura 5-2 Esquema unifilar del Maule..... 5-18

Figura 5-3 Unifilar sistema Melado 5-20
Figura 5-4 Unifilar Río Achibueno 5-21
Figura 5-5 Unifilar Junta Vigilancia Río Longaví y sus Afluentes 5-22
Figura 5-6 Sistema de Riego Digua, esquema de fuentes de Recurso Hídrico 5-24
Figura 5-7 Unifilar Asociación de Canalistas Embalse Tutuvén 5-26
Figura 5-8 Unifilar Río Teno 5-33
Figura 5-9 Ubicación de Bocatomas en el Río Teno 5-34
Figura 5-10 Unifilar Río Seco 5-37
Figura 5-11 Unifilares Estero Carretón 5-39
Figura 5-12 Agua Potable Rural según UPH 5-50
Figura 5-13 Red Meteorológica Regional 5-60
Figura 5-14 Estaciones Fluviométricas Regionales 5-71
Figura 5-15 Estaciones de Calidad de Aguas Región del Maule 5-79

Figura 7-1. Diagrama sobre caudal ecológico mínimo y caudal ambiental. 7-49

Figura 8- 1 Organización de la DGA en Sistemas de Alerta 8-13
Figura 8- 2 Susceptibilidad Fluvial de inundación 22
Figura 8- 3 Proceso de Declaración de Alerta de Crecidas 8-28
Figura 8- 4 Situación de riesgo esperada. Temporada 2016-2017 8-47
Figura 8- 5 Proyecciones de Temperatura 8-76
Figura 8- 6 Proyecciones de las Precipitaciones 8-77
Figura 8-7. Representación esquemática de los impactos del cambio climático y su relación con las proyecciones climáticas futuras 8-80

Figura 9-1 Ejes estratégicos: Territorio, Infraestructura y Medioambiente 9-15

Figura 10-1 Organigrama DGA región del Maule 10-26
Figura 10-2 Gasto Regional en Camiones Aljibes 10-172

Figura 11-1 Dimensiones para GIRH dentro de los desafíos para Chile... 11-19
Figura 11-2 Estaciones hidrométricas de la Región VII – Maule. 11-43
Figura 4 3 Mapa de Curvas de Nivel de la Región VII – Maule..... 11-46
Figura 11-4 Red de estaciones Meteorológicas..... 11-50
Figura 11-5 Red de estaciones Fluviométricas 11-55
Figura 11-6 Red de estaciones Subterráneas..... 11-56
Figura 11-7 Estaciones de Calidad de aguas..... 11-58

Figura 12-1 Valor Económico Total de los recursos hídricos y actividades relacionadas 12-5
Figura 12-2 La Cascada de los Servicios Ecosistémicos (SS.EE) 12-7
Figura 12-3 Estimación del volumen de la producción de miel a nivel regional 12-20
Figura 12-4 Focalización Territorial Turístico Región del Maule..... 12-28
Figura 12-5 Focalización Territorial Turístico Región del Maule..... 12-30
Figura 12-6 Costa Pelluhue 12-32
Figura 12-7 Zona de Interés Turístico Colbún Rari 2016 12-34
Figura 12-8 Lago Colbún 12-35
Figura 12-9 Mapa de sectores de desarrollo Turístico, Rio Archibueno 12-37

Figura 13- 1 Pasos para la Formulación del Plan Maestro 13-9
Figura 13-2 Síntesis de Objetivos Plan Maestro de Recursos Hídricos de la Región del Maule 13-14
Figura 13-3 Organización de Instituciones en Relación con el Cambio Climático 13-73
Figura 13-4 Pirámide de Fiscalización de las Aguas 13-85
Figura 13-5 Niveles jerárquicos para la formulación de Iniciativas....13-106

Figura 14-1 Evaluación Técnica de Iniciativas Propuestas y Catastradas 14-14

Figura 14- 2 Evaluación Técnica de las Iniciativas según los Objetivos del Plan 14-15
Figura 14-3 Evaluación Económica de las Iniciativas Propuestas y Catastradas 14-20
Figura 14- 4 Evaluación Económica de las Iniciativas según los Objetivos del Plan 14-21
Figura 14- 5 Evaluación Ambiental de Iniciativas Propuestas y Catastradas 14-23
Figura 14- 6 Evaluación Ambiental de Iniciativas según Objetivos del Plan 14-24
Figura 14- 7 Evaluación de Factibilidad de Iniciativas Propuestas y Catastradas 14-26
Figura 14- 8 Evaluación de Factibilidad de Iniciativas según objetivos del Plan 14-27
Figura 14- 9 Criterios empleados en la Priorización de Iniciativas..... 14-29
Figura 14- 10 Evaluación de las Iniciativas propuestas según factibilidad 14-30
Figura 14- 11 Evaluación de las Iniciativas propuestas según Compatibilidad con Líneas de Acción DGA regional 14-32
Figura 14- 12 Evaluación de las Iniciativas propuestas según respaldo de los usuarios 14-34
Figura 14- 13 Evaluación de las Iniciativas propuestas según importancia para los objetivos del plan 14-36
Figura 14-14 resultados de la Priorización de iniciativas Propuestas .. 14-37
Figura 14-15 Programa de Inversión en iniciativas, en millones de pesos 14-62
Figura 14-16 Hoja de Ruta para la implementación del Plan Maestro de Recursos hídricos de la Región del Maule 14-63

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3-1 Aportaciones naturales en el año medio (hm3/año)..... 3-14

Gráfico 3- 2 Distribución mensual de las aportaciones naturales medias (hm3/año) 3-17
Gráfico 3-3. Comparación de los caudales medios mensuales acumulados para distintos periodos de tiempo 3-61
Gráfico 3-4 Factor reductor de las aportaciones naturales con respecto al año medio 3-63
Gráfico 3-5 Superficie máxima regable 3-74
Gráfico 3-6 Distribución mensual de la demanda agrícola regada (2005) .3-77
Gráfico 3-7 Distribución mensual de la demanda agraria máxima 3-78
Gráfico 3-8 Distribución mensual de la demanda poblacional (2015) (hm3/mes) 3-87
Gráfico 3-9 Distribución mensual de la demanda consuntiva (2015)(hm3/año) 3-98
Gráfico 3-10 Distribución mensual de la demanda consuntiva (2015) (hm3/año) 3-102
Gráfico 3-11 Balance hídrico mensual de la Costera norte 3-147
Gráfico 3-12. Balance hídrico mensual de la Cuenca Alta del Mataquito ...3-148
Gráfico 3-13. Balance hídrico mensual de las cuencas Alta y Baja del Mataquito acumuladas 3-149
Gráfico 3-14. Balance hídrico mensual de la Cuenca costera central .. 3-150
Gráfico 3-15. Balance hídrico mensual de la cuenca Alta del Maule ... 3-151
Gráfico 3-16. Balance hídrico mensual de la cuenca Alta, Media y Baja del Maule 3-152
Gráfico 3-17. Balance hídrico mensual de la cuenca del Perquilauquén 3-153
Gráfico 3-18. Balance hídrico mensual de las cuencas del Perquilauquén y Loncomilla acumuladas 3-154
Gráfico 3-19. Balance hídrico mensual de las cuencas de la Costera sur ..3-155
Gráfico 3-20. Balance hídrico mensual de la cuenca del Perquilauquén 3-159

Gráfico 3-21. Balance hídrico mensual de la Cuenca Alta del Mataquito 3-162
Gráfico 3-22. Balance hídrico mensual de la cuenca Alta, Media y Baja del Maule..... 3-165
Gráfico 3-23 Balance hídrico mensual de la cuenca del Perquilauquén 3-181
Gráfico 3-24. Balance hídrico mensual de la Cuenca Alta del Mataquito 183
Gráfico 3-25. Balance hídrico mensual de la cuenca Alta, Media y Baja del Maule..... 3-186
Gráfico 3-26 Balance hídrico mensual de la cuenca del Perquilauquén 3-196
Gráfico 3-27 Balance hídrico mensual de la Cuenca Alta del Mataquito 3-198
Gráfico 3-28 Balance hídrico mensual de la cuenca Alta, Media y Baja del Maule..... 3-201
Gráfico 3-29 Balance hídrico mensual de la cuenca del Perquilauquén 3-212
Gráfico 3-30 Balance hídrico mensual de la Cuenca Alta del Mataquito 3-214
Gráfico 3-31 Balance hídrico mensual de la cuenca Alta, Media y Baja del Maule..... 3-217
Gráfico 3-32 Balance hídrico mensual de la cuenca del Perquilauquén 3-227
Gráfico 3-33 Balance hídrico mensual de la Cuenca Alta del Mataquito 3-229
Gráfico 3-34. Balance hídrico mensual de la cuenca Alta, Media y Baja del Maule..... 3-232

Gráfica 4- 1 Número de DAA pendientes.....4-3
Gráfica 4- 2 Número de DAA por UPH, según el criterio de asignación de UPH 4-32
Gráfica 4- 3 Volumen de DAA por UPH, según el criterio de asignación de UPH 4-34
Gráfica 4- 4 Evolución del número de DAA otorgados entre 1981 y 2016 .4-41
Gráfica 4- 5 Evolución del volumen de DAA otorgados entre 1981 y 2016... 4-42

Gráfica 4- 6 Distribución del volumen otorgado de DAA Consuntivos, según uso 4-44
Gráfica 4- 7 Distribución mensual del volumen otorgado de DAA Consuntivos 4-53
Gráfica 4- 8 Distribución mensual del volumen otorgado de DAA Consuntivos, por UPH 4-57

Gráfico 5-1 Distribución de canales en la Región según Longitud. 5-13
Gráfico 5-2 Distribución de canales en la Región según Longitud. 5-49
Gráfico 5-3 Número de sistemas APR según UPH 5-51
Gráfico 5-4 Distribución de Plantas de Tratamiento de aguas por UPH . 5-56

Gráfico 8-1 Infracciones relevantes al control de crecidas fiscalizadas por la DGA entre 2009-2016 8-18
Gráfico 8-2 Número de comunas en sequía agrícola por UPH 8-53
Gráfico 8-3 Catastro de Obras de Defensa fluvial periodo 8-61
Gráfico 8-4 Probabilidad de excedencia de precipitaciones para distintas localidades del país 8-67
Gráfico 8-5 Condiciones hidrológicas promedio en Laguna Maule. Situación base histórica con tres periodos futuros. Escenario HadCM3-A2 8-78

Gráfica 10- 1 Evolución de causales de fiscalización, período 2012-2016 10-55
Gráfica 10- 2 Número de Proyectos sometidos al SEIA, Ingresados y Tramitados. 10-59
Gráfica 10- 3 Transacciones por tipo de Derecho 10-183
Gráfica 10- 4 Número de Transacciones de DAA por año.....10-186

4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE LOS DERECHOS DE ARPOVECHAMIENTO DE AGUAS

4.1. MARCO LEGAL

4.1.1. El Código de Aguas

El Código de Aguas (CA) rige desde el año 1981 y sienta las bases institucionales para el manejo legal de los recursos hídricos en Chile. Por tanto no es necesario recurrir a doctrinas ni jurisprudencias anteriores para poder establecer el concepto de derechos de agua otorgados. En su artículo 6 el CA dispone lo siguiente:

> *"El derecho de aprovechamiento es un derecho real que recae sobre las aguas y consiste en el uso y goce de ellas, con los requisitos y en conformidad a las reglas que prescribe este Código.*
>
> *El Derecho de Aprovechamiento sobre las aguas es de dominio de su titular, quien podrá usar, gozar y disponer de él en conformidad a la ley.*
>
> *Si el titular renunciare total o parcialmente a su derecho de aprovechamiento, deberá hacerlo mediante escritura pública que se inscribirá o anotará, según corresponda, en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces competente. El Conservador de Bienes Raíces informará de lo anterior a la Dirección General de Aguas, en los términos previstos por el artículo 122. En todo caso, la renuncia no podrá ser en perjuicio de terceros, en especial si disminuye el activo del renunciante en relación con el derecho de prenda general de los acreedores."*

4.1.2. Derechos de aprovechamiento de aguas

En Chile las aguas son bienes nacionales de uso público y se otorgan a los particulares mediante derechos de aprovechamiento en conformidad a las disposiciones que establece el actual ordenamiento. Este derecho se expresa en unidades de volumen por unidad de tiempo permitiendo al titular usar y

gozar de ellas en conformidad a la ley. A su vez, los titulares pueden disponer de este derecho[1]. El organismo facultado para otorgar Derechos de Aprovechamiento de Aguas (DAA) es la Dirección General de Aguas (DGA), que se encarga, principalmente, de visar la solicitud del usuario así como de autorizar y supervisar que se ciñe a lo dispuesto en el Código de Aguas.

Los derechos de aprovechamiento pueden ser **superficiales** o **subterráneos** y también se clasifican en consuntivos y no consuntivos. Los **derechos consuntivos** facultan al titular a consumir totalmente las aguas en cualquier actividad. Por el contrario, los **derechos no consuntivos**, permiten emplear el agua sin consumirla y obligan a restituirla en la forma que lo determine el acto de adquisición o de constitución del derecho.

Además de las características señaladas, la naturaleza del derecho también puede ser de ejercicio **permanente o eventual**, **continuo o discontinuo o alternado** con otras personas.

Las aguas terrestres son bienes nacionales de uso público y se otorga a los particulares un derecho de aprovechamiento (derechos de aprovechamiento **subterráneos)** sobre ellas de acuerdo a los procedimientos y requisitos que se establecen en el Código de Aguas del año 1981, y sus modificaciones años 2005 y 2017.

De acuerdo al Art. 66 del Código de Aguas, la Dirección General de Aguas (DGA) está facultada para otorgar provisionalmente derechos de aprovechamiento en aquellas zonas que haya sido declaradas área de restricción. En dichas zonas, la DGA limitará prudencialmente los nuevos derechos pudiendo incluso dejarlos sin efecto en caso de constatar perjuicio a los derechos ya constituidos.

La DGA mantiene un registro denominado **Catastro Público de Aguas** (CPA) que contiene datos, actos y antecedentes con relación al recurso, las obras de desarrollo del mismo, los derechos de aprovechamiento, los

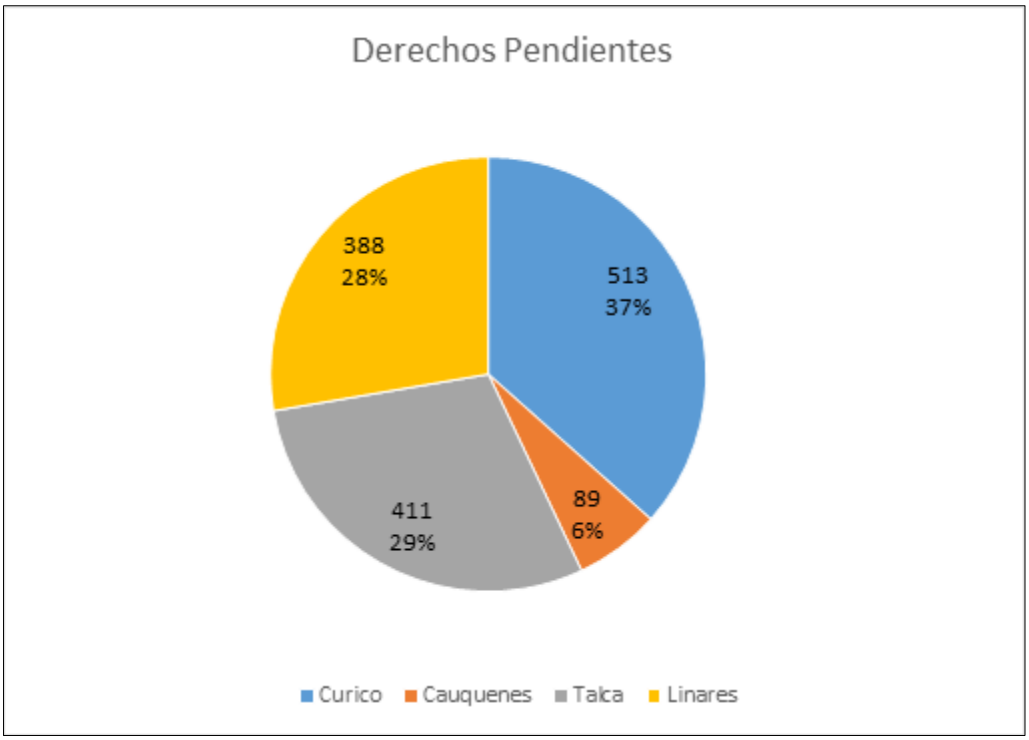
[1] Este mecanismo de asignación de derechos está en trámite de modificación legislativa.

derechos reales constituidos sobre éstos y las obras construidas o que se construirán para ejercerlos. En el numeral 4.3 de este capítulo se presenta un análisis detallado de los derechos de aprovechamiento de aguas constituidos en la región.

4.1.3. Derechos pendientes

Se denomina derechos pendientes a aquellos derechos que, si bien han sido solicitados por los usuarios aún no han sido resueltos por distintos motivos. Según antecedentes de la DGA, hasta el año 2016 existe un total de 1.401 solicitudes pendientes. De ellas, 89 corresponden a la provincia de Cauquenes, 513 a la Provincia de Curicó, 388 a la provincia de Linares y 411 a la Provincia de Talca.

Gráfica 4- 1 Número de DAA pendientes



Fuente: Elaboración propia en base a información DGA (2016)

En cuanto al tipo de solicitudes pendientes, 646 son del tipo Consuntivo y 755 del tipo No Consuntivo. Al considerar la naturaleza del agua, un total de 369 solicitudes pendientes corresponden a derechos subterráneos y 1.032 a derechos superficiales, lo que obedece a la prevalencia del regadío mediante canales para un mejor aprovechamiento del recurso superficial. El detalle se presenta en la tabla siguiente:

Tabla 4-1 Número de DAA pendientes

UPH	Según tipo de derecho			Según naturaleza de las aguas		
	Consun-tivo	No Consun-tivo	TOTAL	Subterráneas	Superficiales	TOTAL
1	12	0	**12**	5	7	**12**
2	191	267	**458**	133	325	**458**
3	28	0	**28**	17	11	**28**
4	11	0	**11**	0	11	**11**
5	9	255	**264**	0	264	**264**
6	148	110	**258**	72	186	**258**
7	122	14	**136**	90	46	**136**
8	73	108	**181**	44	137	**181**
9	52	1	**53**	8	45	**53**
TOTAL	**646**	**755**	**1.401**	**369**	**1.032**	**1.401**

Fuente: Elaboración propia en base a información DGA (2016)

A partir de los antecedentes expuestos se puede comentar lo siguiente:

- **UPH-1 Costera Norte**. Contiene solamente 12 derechos pendientes, que se subdividen en 5 derechos de naturaleza subterránea y 7 derechos de naturaleza superficial. La totalidad de los derechos pendientes son de tipo consuntivo.
- **UPH-2 Alto Mataquito**. Corresponde al sector del Mataquito Alto y contiene la mayor cantidad de derechos pendientes, con un total de 458 solicitudes, correspondiendo 133 a subterráneos y 325 de carácter

superficial. Destacan las 267 solicitudes de tipo no consuntivo, frente a las 191 de derechos consuntivos. Una explicación a esta situación puede deberse a la regulación del embalse Convento Viejo, de la Región VI, que obtiene aguas del canal Teno-Chimbarongo, que a su vez capta aguas del río Teno que está ubicado en esta UPH.

- **UPH-3 Bajo Mataquito.** Contiene un total de 28 solicitudes que derivan en 17 subterráneas y 11 superficiales, y la totalidad es de solicitudes de derechos consuntivos.
- **UPH-4 Costera entre Mataquito y Maule**. La totalidad de las 11 solicitudes pendientes de esta UPH son de carácter subterránea y consuntiva.
- **UPH-5 Alto Maule.** Contiene un total de 264 de solicitudes pendientes, con un claro predominio de las de tipo no consuntivo (255) y todas ellas de naturaleza superficial, como cabe esperar en esta zona de la cordillera andina, donde se localizan los principales embalses para generación de energía hidroeléctrica.
- **UPH-6 Medio y Bajo Maule.** Este sector contiene un total de solicitudes pendientes de 258, con 72 de naturaleza subterránea y 186 superficiales, con un importante número de solicitudes de tipo No consuntivo, aunque no llegan a superar las de tipo consuntivo.
- **UPH-7 Perquilauquén.** Este sector contiene un total de 136 solicitudes pendientes, teniendo porcentajes mayores en derechos de tipo consuntivo y de naturaleza subterránea.
- **UPH-8 Loncomilla.** Es un sector donde predominan las zonas de riego. Existen 181 solicitudes pendientes, la mayoría de naturaleza superficial, en consonancia con la importante red de canales que recorren esta UPH. Llama la atención el mayor número de solicitudes pendientes de tipo no consuntivo que consuntivos, debido a la creciente utilización de los canales de riego para la instalación de minicentrales hidroeléctricas.

- **UPH-9 Costera Sur.** Zona con características costeras, y respondiendo a esta característica, posee solicitudes pendientes casi en su totalidad de derechos subterráneos y consuntivos.

Considerando el número de años que establece esta estadística, en promedio quedan pendientes alrededor de 43 solicitudes al año.

4.1.4. Derechos provisionales

De acuerdo al Art. 66 del Código de Aguas, la Dirección General de Aguas está facultada para otorgar provisionalmente derechos de aprovechamiento en aquellas zonas que hayan sido declaradas área de restricción. En dichas zonas, la DGA limitará prudencialmente los nuevos derechos pudiendo incluso dejarlos sin efecto en caso de constatar perjuicio a los derechos ya constituidos.

Según indica el Art. 67 del Código de Aguas, los derechos de aprovechamiento otorgados en carácter de provisional se podrán transformar en definitivos una vez transcurridos cinco años de ejercicio efectivo en los términos concedidos, y siempre que los titulares de derechos ya constituidos no demuestren haber sufrido daños.

Así pues, un derecho provisional puede:

- Ser otorgado como definitivo, si no existe perjuicio sobre terceros o el medio ambiente.
- Mantener su carácter de derecho provisional con el mismo caudal, para aquellos casos en que no se observe deterioro del acuífero y que existan bajas posibilidades de afectar derechos de terceros.
- Mantener en su carácter de derecho provisional y limitar prudencialmente el caudal, en condiciones de bajo riesgo de deterioro del acuífero y bajas posibilidades de afectar derechos de terceros.

- Ser dejado sin efecto, el caso de que el acuífero se encuentre disminuido y existan altas posibilidad de afectar derechos de terceros.

Por otra parte, el Art. 68 del Código de Aguas, hace referencia a que la DGA podrá exigir la instalación de sistemas de medición en las obras y requerir la información que se obtenga.

En el apartado 4.1.7 se incluyen las estadísticas de los derechos provisionales otorgados asociados a las dos áreas de restricción declaradas en la Región actualmente.

4.1.5. Derechos denegados

Los DAA se constituyen originariamente por la DGA, mediante una resolución fundada, pronunciada dentro de un procedimiento administrativo en el que se debe comprobar que existe disponibilidad del recurso hídrico y que el nuevo DAA que se constituya no afectará derechos de terceros ya existentes. Sin embargo, en caso que no se dé cumplimiento cabal a lo establecido en la ley para el otorgamiento del derecho, la solicitud será denegada.

En la Región del Maule, de un total de 8.505 Derechos en trámite desde el año 1984, han sido denegados 5.191 derechos de tipo subterráneo a diferentes usuarios, lo que corresponde a más de la mitad de las solicitudes. La distribución por comunas y por UPH de estos Nuevos Derechos (ND) denegados se presentan en las tablas siguientes:

Tabla 4- 2 Número de solicitudes de DAA denegadas, según comuna

Comuna	Nº de solicitudes denegadas
Cauquenes	211

Tabla 4- 2 Número de solicitudes de DAA denegadas, según comuna	
Comuna	**Nº de solicitudes denegadas**
Chanco	13
Colbún	158
Constitución	78
Curepto	27
Curicó	273
Empedradro	14
Hualañé	43
Licantén	17
Linares	795
Longaví	407
Maule	210
Molina	89
Parral	193
Pelarco	35
Pelluhue	9
Pencahue	215
Rauco	46
Retiro	322
Rio Claro	182
Romeral	65
Sagrada Familia	239
San Clemente	176
San Javier	241
San Rafael	84
Talca	320
Teno	206
Vichuquén	22
Villa Alegre	231
Yerbas Buenas	233
Sin referencia	37
TOTAL	**5.191**

Fuente: Elaboración propia en base a información DGA (2016)

Tabla 4- 3 Número de solicitudes de DAA denegadas, según UPH

UPH	Nº de solicitudes denegadas
UPH-1	22
UPH-2	800
UPH-3	326
UPH-4	78
UPH-5	158
UPH-6	1.508
UPH-7	967
UPH-8	1.259
UPH-9	36
TOTAL	**5.191**

Fuente: Elaboración propia en base a información DGA (2016)

4.1.6. Áreas de Restricción y Protección de Uso

El Código de Aguas señala en su articulado que, una vez que se declare el agotamiento de las aguas, ya sean superficiales o subterráneas, la DGA no podrá otorgar derechos definitivos a sus solicitantes.

Esta normativa se materializa con las resoluciones dictadas desde la DGA, donde claramente se determina una zona específica de agotamiento o de restricción de acuíferos. Concretamente, en la Región del Maule se encuentran declaradas dos áreas de restricción de uso, ambas de aguas subterráneas, en los sectores acuíferos Teno-Lontué y Belco-Arenal.

4.1.6.1. Áreas de restricción de aguas superficiales

No existen zonas de restricción de aguas superficiales en la región del Maule declaradas por la DGA.

4.1.6.2. Áreas de restricción de aguas subterráneas

En marzo de 2015 la DGA declaró dos zonas con restricción para extraer aguas subterráneas:

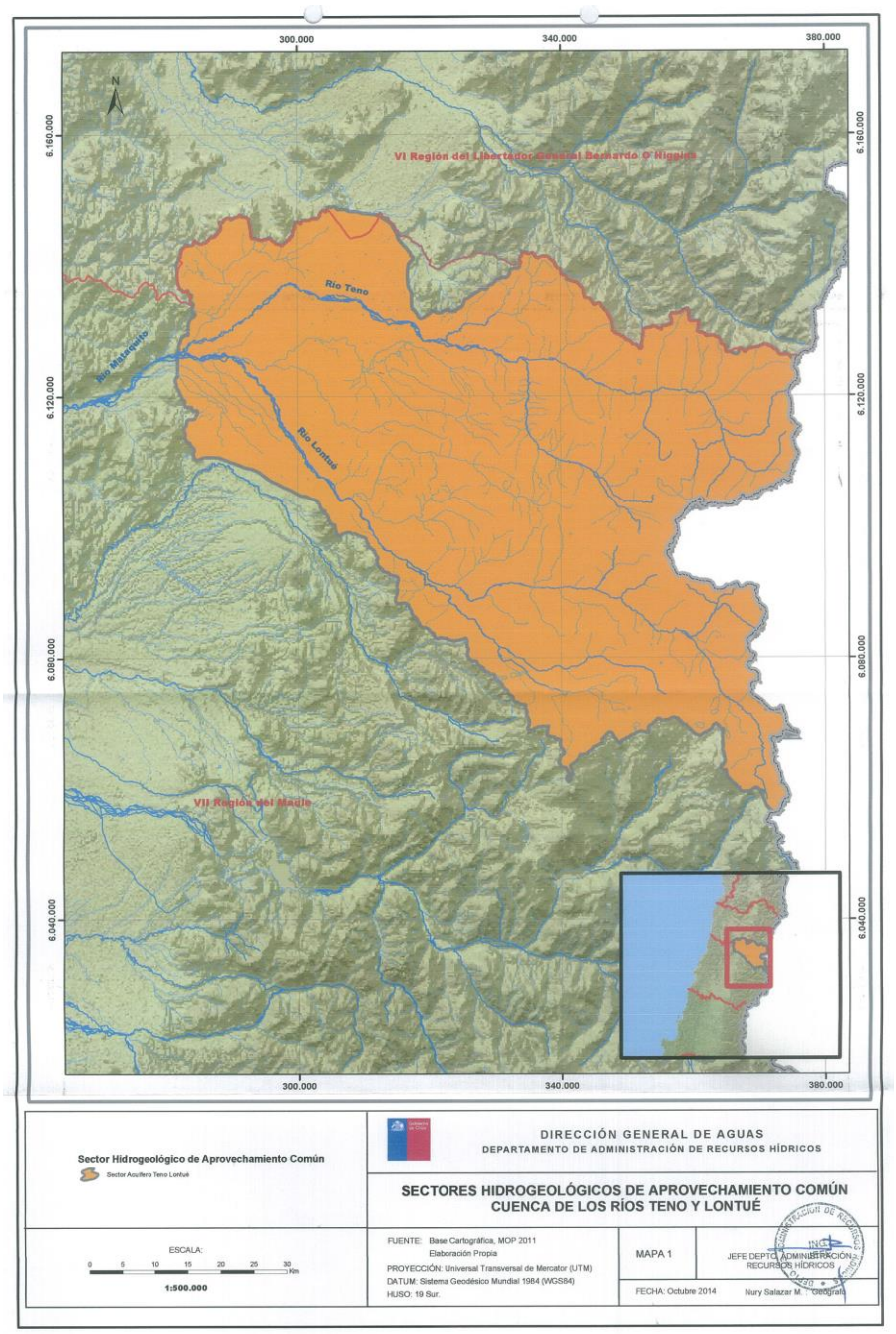
- **Acuífero Teno-Lontué**, por resolución DGA Nº 90 de fecha 16 de marzo de 2015, localizado en la UPH-2 Cuenca Alta del Mataquito. El volumen permitido para extraer durante el tiempo que dure la restricción es de 259.276.303 m³/año. Según estadística DGA, en este acuífero se han solicitado un total de 72.964.788 m³/año, de los que se han otorgado 61.680.557 m³/año, restando un volumen de 11.284.231 m³/año que todavía pueden ser otorgados como derechos de tipo provisional.
- **Acuífero Belco-Arenal,** por Resolución DGA Nº 92 de fecha 16 de marzo de 2015, en la UPH-7 Cuenca del Perquilauquén. El volumen permitido para extraer durante el tiempo que dure la restricción es de 9.158.867 m³/año. Según estadística DGA, en este acuífero se han solicitado derechos por un volumen total de 10.749.460 m³/año, aunque únicamente se han otorgado 7.678.324 m³/año, restando 1.480.543 m³/año para alcanzar el límite establecido.

En la tabla siguiente se muestran los volúmenes que figuran en los respectivos Informes Técnicos del Departamento de Administración de Recursos Hídricos, en base a los cuales se declararon estos sectores acuíferos Áreas de Restricción.

Tabla 4-4 Áreas de Restricción subterráneas. Disponibilidad hídrica en el momento de su declaración, marzo 2015 (hm³/año)			
Área de Restricción Sector acuífero	**Disponibilidad total (definitivos+ provisionales)**	**Volumen otorgado definitivo hasta la fecha**	**Volumen disponible para Derechos Provisionales**
Teno-Lontué (UPH2)	725,33	466,05	259,28
Belco- El Arenal (UPH-7)	19,02	9,86	9,16
Total	**735,19**	**475,91**	**268,44**

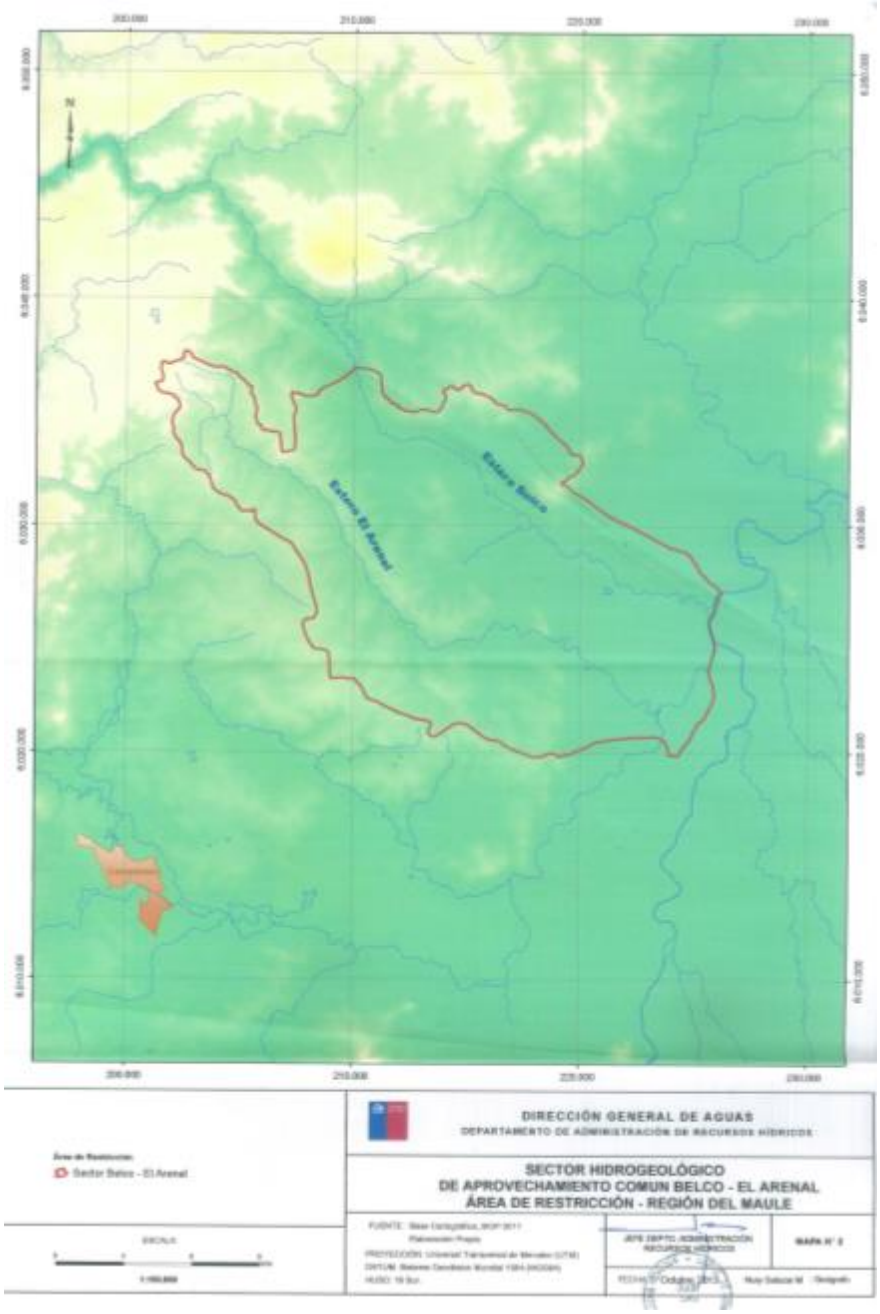
Fuente: IT DARH Nº 44 Evaluación de la disponibilidad de recursos hídricos subterráneos en el Sector Acuífero Teno-Lontué (marzo, 2015) e IT DARH Nº 44 Evaluación de la disponibilidad de recursos hídricos subterráneos en el Sector Acuífero Estero Belco y El Arenal (marzo, 2015)

Figura 4- 1 Área Recursos subterráneos acuífero Teno-Lontué



Fuente: IT DARH Nº 90 Evaluación de la disponibilidad de recursos hídricos subterráneos en el Sector Acuífero Teno-Lontué (marzo, 2015)

Figura 4- 2 Área Acuífero Belco Arenal, zona de influencia



Fuente: IT DARH Nº 92 Evaluación de la disponibilidad de recursos hídricos subterráneos en el Sector Acuífero Estero Belco y El Arenal (marzo, 2015)

4.1.6.3. Derechos provisionales en las áreas de restricción subterráneas

Desde que se declararon estas Áreas de Restricción (marzo de 2015) la DGA ha constituido 114 derechos provisionales, de los que 99 corresponden al acuífero Teno-Lontué y 15 al acuífero Belco-Arenal, con unos volúmenes de 61,68 y 7,68 hm³/año, respectivamente, como se detalla en la tabla adjunta.

Tabla 4-5 Áreas de Restricción subterráneas. Disponibilidad para nuevos DAA Provisionales (hm³/año)

Área de Restricción Sector acuífero	Volumen disponible en el momento de la declaración de Área de Restricción (marzo 2015)	Volumen otorgado en DAA Provisionales desde marzo 2015	Volumen disponible para nuevos DAA provisionales
Teno-Lontué (UPH2)	259,28	61,68	**197,60**
Belco- El Arenal (UPH-7)	9,16	7,68	**1,48**
Total	**268,44**	**69,36**	**199,08**

Fuente: Elaboración propia a partir de datos estadísticos de la DGA y de los informes IT DARH Nº 44 y Nº 45 (marzo 2015)

Así como el acuífero Teno-Lontué todavía dispone de volumen para la otorgación de nuevos DAA provisionales (197,60 hm³/año de los 259,28 iniciales), en el acuífero Belco-Arenal el volumen disponible inicial (9,86 hm³/año) se encuentra prácticamente agotado, disponiéndose en la actualidad de apenas 1,48 hm³/año para otorgar.

En las tablas siguientes se detallan estos derechos provisionales otorgados.

Tabla 4-6 DAA Provisionales otorgados en el Área de Restricción Sector Acuífero Teno-Lontué

Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)
ND-0701-3175	09/11/2010	JORGE JAIME MORA LILLO	17	536.112,0	17	536.112,0
ND-0701-3037	14/08/2009	TANCREDO HUMBERTO PINOCHET ASTORGA Y OTROS	47	487.296,0	47	487.296,0
ND-0701-3043	14/08/2009	ASOCIACION CHILENA DE SEGURIDAD	6	189.216,0	6	189.216,0
ND-0701-3040	19/08/2009	JEANNETTE MARIELA SANDOVAL ORTIZ	37	383.616,0	37	383.616,0
ND-0701-3041	20/08/2009	ECONSSA CHILE S.A.	22	520.300,0	22	520.300,0
ND-0701-3065	23/09/2009	MARIA MAGALENA SUAREZ CHADWICK	14	35.000,0	14	35.000,0
ND-0701-3068	25/09/2009	EXPORTADORA UNIFRUTTI TRADERS LTDA	40	100.000,0	40	100.000,0
ND-0701-3070	08/10/2009	MARIA FELISA DIEGUEZ PEREZ	23	709.560,0	23	709.560,0
ND-0701-3071	08/10/2009	AGRICOLA LA ESPERANZA S.A.	15	473.040,0	15	473.040,0
ND-0701-3072	08/10/2009	AGRICOLA LA ESPERANZA S.A.	19	599.184,0	19	599.184,0
ND-0701-3154	27/10/2009	COMITÉ DE A.P.R. DE CORDILLERILLA	25	788.400,0	25	788.400,0
ND-0701-3107	04/12/2009	ECONSSA CHILE S.A.	34	804.100,0	34	804.100,0
ND-0701-3111	16/12/2009	NELSON ANDRES LEYTON FERNANDEZ	45	466.560,0	45	466.560,0
ND-0701-3116	07/01/2010	VALESKA SILVA POHL	36	373.248,0	36	373.248,0
ND-0701-3120	09/02/2010	DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS, REGION DEL MAULE	14	441.504,0	14	441.504,0
ND-0701-3131	26/04/2010	MARIA ANGELICA CORREA EDWARDS	4	41.472,0	4	41.472,0
ND-0701-3132	27/04/2010	COOP. DE AGUA POTABLE RURAL COMALLE LTDA	25	788.400,0	25	788.400,0
ND-0701-3136	10/05/2010	ALICIA DEL CARMEN AEDO PINO	8	82.944,0	8	82.944,0
ND-0701-3137	25/05/2010	JAIME ANDRES SEPULVEDA ALEGRIA	16	504.576,0	16	504.576,0

Tabla 4-6 DAA Provisionales otorgados en el Área de Restricción Sector Acuífero Teno-Lontué

Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)
ND-0701-3140	08/06/2010	SOCIEDAD AGRICOLA LOS FRESNOS LTDA	50	1.573.646,0	50	1.573.646,0
ND-0701-3138	10/06/2010	AGRICOLA FRUTICOLA SAN ANDRES ROMERAL LTDA	16	514.036,0	16	238.579,0
ND-0701-3138	10/06/2010	AGRICOLA FRUTICOLA SAN ANDRES ROMERAL LTDA	18	555.033,0	18	257.505,0
ND-0701-3138	10/06/2010	AGRICOLA FRUTICOLA SAN ANDRES ROMERAL LTDA	40	1.261.440,0	40	585.416,0
ND-0701-3139	11/06/2010	FRUTICOLA RIO COPIAPO LTDA	49	500.000,0	49	500.000,0
ND-0701-3151	23/06/2010	AGRIZANO S.A.	74	2.333.664,0	74	1.549.500,0
ND-0701-3169	09/08/2010	SILVIA CAÑETE	6	189.216,0	6	189.216,0
ND-0701-3170	24/08/2010	CF ELECTRONICS LTDA	10	315.360,0	10	315.360,0
ND-0701-3174	04/10/2010	INVERSIONES CAMINO LTDA	12	378.432,0	12	378.432,0
ND-0701-3176	05/11/2010	LUIS FERNANDO MARTIN PORCILE	48	746.496,0	48	746.496,0
ND-0701-3203	30/12/2010	ERROL FLIES TRANSPORTE COMPAÑIA LTDA	50	1.573.646,0	50	1.573.646,0
ND-0701-3205	30/12/2010	INMOBILIARIA MAIHUE LTDA	18	567.648,0	18	567.648,0
ND-0701-3205	30/12/2010	INMOBILIARIA MAIHUE LTDA	17	536.112,0	17	536.112,0
ND-0701-3202	11/01/2011	RELLENOS SANITARIOS DEL MAULE S.A. (RESAM S.A.)	10	315.360,0	10	315.360,0
ND-0701-3212	24/01/2011	SERVICIOS CERRO CRISTAL S.A.	40	1.261.440,0	40	1.261.440,0
ND-0701-3211	25/01/2011	EDWARD TUTUNJIAN	16	504.576,0	16	504.576,0
ND-0701-3219	21/02/2011	EDO ARTEMIO PINOCHET ASTORGA Y OTROS	91	2.869.776,0	91	651.000,0
ND-0701-3216	22/02/2011	MIGUEL ANTONIO SANCHEZ PEREZ	16	510.568,0	16	498.584,0

Tabla 4-6 DAA Provisionales otorgados en el Área de Restricción Sector Acuífero Teno-Lontué

Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)
ND-0701-3217	22/02/2011	JOAQUIN DEL CARMEN SILVA MARIN	10	301.484,0	10	301.484,0
ND-0701-3218	22/02/2011	CLAUDIO ANTONIO SANCHEZ SAAVEDRA	13	394.200,0	13	394.200,0
ND-0701-3227	24/02/2011	MARIA ISABEL PUERTAS AVENTIN	6	189.216,0	6	189.216,0
ND-0701-3231	18/03/2011	RAUL GUILLERMO NARVAEZ GOMEZ	45	699.840,0	45	699.840,0
ND-0701-3232	18/03/2011	JAIME LUIS LETELIER VALDES	25	259.200,0	25	259.200,0
ND-0701-3228	24/03/2011	RENÉ WUNKHAUS HAMDORF	5	157.680,0	5	157.680,0
ND-0701-3241	14/04/2011	SOCIEDAD AGRICOLA SAN JOAQUIN LTDA	40	857.088,0	40	857.088,0
ND-0701-3249	04/05/2011	MARIA CAROLINA DOSAL LOPEZ	43	891.648,0	43	891.648,0
ND-0701-3264	19/05/2011	VILMA DEL PILAR SALAS BARRAZA	11	341.219,5	11	341.219,5
ND-0701-3265	19/05/2011	FRANCISCO SOLANO TRUJILLO VERGARA	13	401.453,3	13	401.453,3
ND-0701-3270	30/05/2011	FRUTICOLA PORVENIR S.A.	70	2.207.520,0	70	795.000,0
ND-0701-3271	30/05/2011	CHRISTIAN HERNAN PINOCHET TONELLI	33	684.288,0	33	684.288,0
ND-0701-3276	30/05/2011	INMOBILIARIA TUTUQUEN LTDA	63	1.306.368,0	63	585.600,0
ND-0701-3274	03/06/2011	SOCIEDAD AGRICOLA Y FRUTICOLA SOL DEL MAIPO LTDA	14	295.073,3	14	295.073,3
ND-0701-3288	23/06/2011	TRANSPORTES MAQUEHUA LTDA	50	1.036.800,0	50	1.036.800,0
ND-0701-3289	04/07/2011	SERGIO QUEZADA MORALES	9	186.624,0	9	186.624,0
ND-0701-3291	07/07/2011	GLADYS ROJAS SANTELICES Y OTROS	6	173.448,0	6	173.448,0
ND-0701-3292	07/07/2011	CLAUDIO SOLIS RAMIREZ	50	1.573.646,0	50	1.573.646,0
ND-0701-3294	07/07/2011	AGRICOLA CARRANCA SEYLER LTDA	8	252.288,0	8	242.827,0

Tabla 4-6 DAA Provisionales otorgados en el Área de Restricción Sector Acuífero Teno-Lontué

Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)
ND-0701-3295	21/07/2011	INVERSIONES CAMINO LTDA	30	946.080,0	30	622.080,0
ND-0701-3299	27/07/2011	LUIS ENRIQUE ESPINOZA OLMEDO	10	315.360,0	10	315.360,0
ND-0701-3300	27/07/2011	HECTOR RAUL CONCHA PEÑA	1	31.536,0	1	31.536,0
ND-0701-3304	12/08/2011	PATRICIA DEL CARMEN DIAZ GONZALEZ	6	189.216,0	6	189.216,0
ND-0701-3310	23/08/2011	AGRICOLA SANTA SOFIA S.A.	21	559.872,0	27	559.872,0
ND-0701-3342	18/10/2011	LUIS GALLARDO LOPEZ	10	315.360,0	10	315.360,0
ND-0701-3344	24/10/2011	AGRICOLA EL TEJAR LTDA	40	1.261.440,0	40	1.261.440,0
ND-0701-3352	21/11/2011	MOSTOS DEL PACIFICO S.A.	20	630.720,0	20	630.720,0
ND-0701-3367	30/11/2011	MARIA INES VILLARINO HERRERA Y OTROS	25	788.400,0	25	788.400,0
ND-0701-3397	24/02/2012	AGRICOLA LOS MAITENES LTDA	42	1.324.512,0	42	1.324.512,0
ND-0701-3420	13/04/2012	SEGUNDO ARTEMIO ALVAREZ MADRID	17	352.512,0	17	352.512,0
ND-0701-3421	13/04/2012	TODD ERICSON Y COMPAÑIA LTDA	10	315.360,0	10	315.360,0
ND-0701-3430	24/04/2012	SUCESION LUIS ABRAHAM CORREA LOPEZ Y OTRA	40	840.000,0	40	840.000,0
ND-0701-3435	22/05/2012	TERESA DEL TRANSITO CABELLO CALQUIN	5	103.680,0	5	103.680,0
ND-0701-3450	07/06/2012	AGRICOLA PADRE HURTADO DE TENO S.A.	12	378.432,0	12	378.432,0
ND-0701-3442	20/06/2012	JUAN JOSE VILLASANTE PELAEZ	40	1.261.440,0	40	1.261.440,0
ND-0701-3503	07/08/2012	ANA MARIA GARRATON MORALES	50	1.573.646,0	50	1.573.464,0
ND-0701-3504	07/08/2012	IGNACIO MANUEL MARTINEZ PRADO	40	1.261.440,0	40	1.261.440,0
ND-0701-3510	07/09/2012	AGROFRUTICOLA LAS CAÑAS LTDA	15	457.272,0	15	457.272,0

Tabla 4-6 DAA Provisionales otorgados en el Área de Restricción Sector Acuífero Teno-Lontué

Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)
ND-0701-3511	07/09/2012	JOSE VICTOR CALDERON PARRA	50	1.573.646,0	50	1.573.646,0
ND-0701-3526	19/11/2012	COMITÉ DE A.P.R. EL QUELMEN-SAN RAFAEL	17	520.344,0	17	520.344,0
ND-0701-3545	07/12/2012	IGNACIO JOSE CARDOEN BALDRICH	6	176.601,6	6	176.601,0
ND-0701-3565	18/01/2013	AGRICOLA PINOCHET FUENZALIDA LTDA	90	2.838.240,0	90	1.288.350,0
ND-0701-3572	08/02/2013	AGRICOLA BISCAYA LTDA	49	1.545.264,0	49	1.545.264,0
ND-0701-3587	06/03/2013	COMITÉ DE A.P.R. LA HIGUERILLA	18	567.648,0	18	567.648,0
ND-0701-3634	18/06/2013	AGRICOLA MIG LTDA S/N S/N	50	50.000,0	50	50.000,0
ND-0701-3666	19/08/2013	PATRICIO JAVIER VILLALOBOS CAMPOS	6	189.216,0	6	189.216,0
ND-0701-3715	04/10/2013	SOCIEDAD AGRICOLA LA ESPERANZA DE LONTUE LTDA	63	400.000,0	63	400.000,0
ND-0701-3717	05/11/2013	NOEMI RUDIS GUTIERREZ REYES	5	157.680,0	5	157.680,0
ND-0701-3732	18/12/2013	GABRIEL LUIS LOZANO GARRATON	50	1.576.800,0	50	1.576.800,0
ND-0701-3757	17/01/2014	PATRICIA RAQUEL ACUÑA ASCUI	85	2.680.560,0	85	1.151.143,0
ND-0701-3758	17/01/2014	PATRICIA RAQUEL ACUÑA ASCUI	90	2.838.240,0	90	1.218.857,0
ND-0701-3761	31/01/2014	AGRICOLA SANTA GRACIELA LTDA	50	1.570.493,0	20	624.413,0
ND-0701-3762	31/01/2014	AGRICOLA SANTA GRACIELA LTDA	30	946.080,0	30	946.080,0
ND-0701-3770	24/02/2014	MIGUEL ANGEL FUENZALIDA FUENZALIDA	49	1.545.264,0	49	1.545.264,0
ND-0701-3793	12/03/2014	JUAN CARLOS SOLIS BUSTAMANTES	49	1.545.264,0	49	1.545.264,0
ND-0701-3807	29/05/2014	SOCIEDAD AGRICOLA ANTONIA Y BENJAMIN LTDA	14	441.504,0	14	441.504,0
ND-0701-3821	29/07/2014	LUIS ERASMO GALLARDO LOPEZ	20	630.720,0	20	630.720,0

Tabla 4-6 DAA Provisionales otorgados en el Área de Restricción Sector Acuífero Teno-Lontué

Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)
ND-0701-3900	23/10/2014	SM SERVICE LTDA	36	1.135.296,0	36	1.135.296,0
ND-0701-3913	30/10/2014	JORGE PATRICIO SOTO ARELLANO	10	299.592,0	10	299.592,0
ND-0701-3904	17/12/2014	CARLOS BERRIOS	10	315.360,0	10	315.360,0
ND-0701-3799	17/04/2014	SOCIEDAD EXPORTADORA ANDINEXIA LTDA	30	473.040,0	30	473.040,0
ND-0701-3945	13/05/2015	JOSE VICTOR CALDERON PARRA	51	1.596,9	16	93.000,0

Fuente: BPA, DGA 2017.

Tabla 4-7 DAA Provisionales otorgados en el Área de Restricción Sector Acuífero Belco-El Arenal

Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)
ND-0704-1819	06-08-10	SOCIEDAD AGRICOLA VIAL SALAS LTDA.	11	346.896,0	8	255.441,6
ND-0704-1829	20-12-10	TRIANTAFILOS MOULAS BATUYOS	8	181.200,0	8	181.200,0
ND-0704-1829	20-12-10	TRIANTAFILOS MOULAS BATUYOS	45	1.419.120,0	45	1.018.800,0
ND-0704-1830	18-01-11	JORGE OMAR VARGAS VALDES	18	560.000,0	18	560.000,0
ND-0704-1836	28-02-11	BRAULIO ANTONIO MENA ARELLANO	86	1.290.000,0	86	1.290.000,0
ND-0704-1841	16-03-11	AGRICOLA EL ARENAL LIMITADA	40	1.261.440,0	40	554.850,0
ND-0704-1841	16-03-11	AGRICOLA EL ARENAL LIMITADA	46	1.450.656,0	46	637.875,0
ND-0704-1850	12/07/11	AGRICOLA EL ARENAL LIMITADA	60	1.892.160,0	60	832.275,0
ND-0704-1864	18/10/11	MARCELA PAZ ARELLANO VALDES	23	730.000,0	23	730.000,0
ND-0704-1888	15/02/12	JORGE HUMBERTO SEPULVEDA ARAVENA	22	690.000,0	22	690.000,0
ND-0704-1898	04/05/12	HUGO VEGA ARELLANO	3	85.000,0	3	85.000,0
ND-0704-1902	06/07/12	SOCIEDAD AGRICOLA VIAL SALAS LTDA.	10	317.000,0	10	317.000,0
ND-0704-1902	06/07/12	SOCIEDAD AGRICOLA VIAL SALAS LTDA.	4	110.000,0	4	110.000,0
ND-0704-1902	06/07/12	SOCIEDAD AGRICOLA VIAL SALAS LTDA.	3	98.000,0	3	98.000,0
ND-0704-1969	02/10/13	SOC.AGRICOLA CAUQUENES	22	317.988,0	10	317.882,9

Fuente: BPA, DGA 2017.

4.2. ORGANIZACIONES DE USUARIOS

4.2.1. Marco legal

Las Organizaciones de Usuarios del Agua (OUA) son entidades reglamentadas en el Código de Aguas que tienen por objeto administrar las los recursos hídricos y las obras a través de las cuales éstas son extraídas, captadas y/o conducidas. En relación con las organizaciones de usuarios, el Código de Aguas establece, en su artículo 186, lo siguiente:

> *Art 186 Código de aguas: Si dos o más personas tienen derechos de aprovechamiento en las aguas de un mismo canal, embalse, o aprovechan las aguas de un mismo acuífero, podrán reglamentar la comunidad que existe como consecuencia de este hecho, constituirse en asociación de canalistas o en cualquier tipo de sociedad, con el objeto de tomar las aguas del caudal matriz, repartirlas entre los titulares de derechos, construir, explotar, conservar y mejorar las obras de captación, acueductos y otras que sean necesarias para su aprovechamiento. En el caso de cauces naturales podrán organizarse como junta de vigilancia.*

La finalidad de las OUA, salvo las comunidades de obras de drenaje que constituyen la excepción en esta materia, es la de tomar las aguas de cauces naturales o de canales matrices y repartirlas entre los titulares de derechos. También les corresponde construir, explotar, conservar y mejorar las obras de captación, acueductos y otras que sean necesarias para el aprovechamiento y beneficio común.

Según el Código de Aguas, se pueden distinguir tres tipos de OUA: Juntas de Vigilancia, Asociaciones de Canalistas y Comunidades de Aguas.

4.2.2. Juntas de Vigilancia en la VII Región

La Región del Maule es la tercera región de chile con mayor cantidad de Organizaciones de Usuarios (17,3% del total nacional)[2], siendo las Juntas de Vigilancia las que aglutinan los usuarios más relevantes. A continuación se describen las ocho Juntas incluidas en la Región, agrupadas según la UPH a la que pertenecen.

4.2.2.1. Juntas de Vigilancia de la UPH 2

- **Junta de Vigilancia del río Seco de Lontué.** Es la encargada de realizar la distribución de los canales del cauce natural, denominado Estero Río Seco. Este estero cuenta con pocos recursos, provenientes de derrames y recuperaciones. Sin embargo, se nutre en gran medida por aguas extraídas del río Lontué, mediante una bocatoma, dando origen al Canal Río Seco, los que luego son vaciados al estero del mismo nombre. Posee un total de 4.507,17 acciones distribuidas entre los regantes que la conforman. Esta junta se encarga de administrar y distribuir las aguas de 25 canales que totalizan 4.507 l/s[3].
- **Junta de Vigilancia del Río Lontué:** La subcuenca del río Lontué forma parte de la Cuenca del Rio Mataquito. Nace en las estribaciones de la cordillera de Los Andes cerca de las llamadas Lagunas de Mondaca iniciando su recorrido en dirección norponiente, para unirse aguas abajo de la carretera Cinco Sur con el Río Teno, conformando de allí en adelante el Río Mataquito, que da nombre a la subcuenca y, en general, a toda la cuenca del Mataquito. Constituyen esta Junta 32 asociaciones de canalistas que suman un total de 124 l/s.
- **Junta de Vigilancia del estero Pichuco y sus afluentes**. Agrupa a los canales que riegan desde el estero Pichuco y sus afluentes directos. Es de

[2] DGA 2016, Atlas del Agua, página 120.
[3] Se considera que una acción equivale a 1 l/s.

muy reciente creación, por lo que no se dispone de datos concretos de caudales administrados.

4.2.2.2. Juntas de Vigilancia de la UPH 5

- **Junta de Vigilancia del río Maule primera sección.** La Junta de Vigilancia del Río Maule tiene por objeto administrar y distribuir los recursos disponibles en el cauce del río, a que tienen derechos sus asociados, desde su naciente en la cordillera de Los Andes hasta la bocatoma del canal Loncoche, ubicada a unos 6 km al oriente de la línea férrea longitudinal. Administra y distribuye actualmente y sin reconocimiento legal, un total de 142.333,82 acciones de ejercicio permanente y continuo; aunque sus estatutos no establecen la equivalencia de una acción en volumen por unidad de tiempo sus usuarios la han establecido en 1,4052 l/s. La Junta de Vigilancia la integran 65 asociaciones de canales que totalizan 200.000 l/s; 29 canales pertenecen a la ribera norte (margen derecha) y 36 a la ribera sur (margen izquierda), con unos caudales totales de 105.577 l/s y 94.423 l/s, respectivamente.

4.2.2.3. Juntas de Vigilancia de la UPH 6

- **Junta de Vigilancia del río Lircay.** Su jurisdicción comprende desde el lugar denominado Loma de Sillahur en un punto determinado por las Coordenadas UTM WGS 84 Norte: 6.059.000 y Este: 320.500 hasta su confluencia con el río Claro, en un punto ubicado entre la bocatoma del Canal Buena Vista y la bocatoma del canal Rauquén. De acuerdo con sus estatutos, el valor de una acción equivale a 1,405 l/s, totalizando 6.105 acciones permanentes y 1.850 eventuales, que suponen 8.577 l/s y 3.563 l/s, respectivamente.

4.2.2.4. Juntas de Vigilancia de la UPH 8

- **Junta de Vigilancia del río Ancoa.** El río Ancoa, es un cauce natural que nace en el sector denominado La Engorda; de origen nivopluvial, corre en sentido oriente a poniente hasta su confluencia con el río Achibueno. Es un

cauce integrante de la cuenca hidrográfica del río Maule, afluente derecho del río Achibueno, éste último a su vez tributario derecho del río Loncomilla. La jurisdicción de la Junta de Vigilancia comprende el río Ancoa y sus afluentes, desde la precordillera de Los Andes en el sector ubicado al este de las lagunas La Engorda Grande a unos 1.930 msnm, hasta su desembocadura al río Achibueno. Distribuye un total de 7.418 acciones correspondiendo 6.800 acciones a los canales de la ribera norte y a 618 acciones a los de la ribera sur, siendo su equivalencia de 1,0 l/s/acción.

- **Junta de Vigilancia del Río Achibueno.** El río Achibueno es el afluente más importante de la ribera derecha del río Loncomilla, su curso superior se desarrolla al occidente del cordón Melado, también confinado por elevadas montañas de Los Andes, nace en la laguna homónima al pie oriental del nevado Longaví. En este primer tramo recibe, especialmente por su flanco derecho, varios torrentes que descienden de esa cordillera. El río Achibueno se encuentra organizado en Junta de Vigilancia, que administra y distribuye actualmente un total de acciones de 13.537 de ejercicio permanente y continuo; según sus estatutos establecen la equivalencia de una acción en volumen por unidad de tiempo en 1,5 l/s, lo que supone un gasto máximo de 20.306 l/s.
- **Junta de vigilancia del río Longaví.** El río Longaví es un cauce natural cuyo régimen hidrológico es de tipo predominantemente pluvial, aunque se manifiesta un leve componente nival en los meses de octubre y noviembre. La producción específica varía de 120 l/s/km² en julio y agosto hasta unos 20 l/s/km² en los meses de febrero a abril. Se encuentra organizado en Junta de Vigilancia y su jurisdicción comprende el río Longaví y sus afluentes, desde la Cordillera de Los Andes hasta el último de los canales de la Hacienda Primera de Longaví, ubicada a unos 5 km aguas arriba de la línea de ferrocarriles central. Comprende un total de 6.279 acciones permanente y 3.830 eventuales. De acuerdo con sus estatutos el valor de una acción equivale a 1,5 l/s.

4.3. ANÁLISIS DE LOS DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS

4.3.1. Catastro de Derechos de Aprovechamiento de Aguas

El análisis de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas (DAA) se realizó a partir del catastro de derechos que la DGA dispone en su sitio web, actualizado al 29 de julio de 2016 (se incluye como *Anexo 4-1*).

En dicho catastro figuran 8.122 DAA registrados a la fecha de revisión. Los registros se encuentran caracterizados en esta base de datos con 63 campos identificativos. En la tabla siguiente se detallan los campos de información, destacándose en negrita aquéllos que han sido utilizados en el presente análisis:

Tabla 4-8 Campos de contenido del Catastro Público de Aguas

Nº	***SubCuenca***	*Datum2*
Código de Expediente	***SubSubCuenca***	*UTM Norte Restitución (m)*
N° Solicitud	***Fuente***	*UTM Este Restitución(m)*
Región	***Caudal por mes del año (Enero a Dicembre)***	*Latitud Restitución*
Provincia	***Ejercicio del Derecho***	*Longitud Restitución*
Comuna	***Caudal Anual Prom***	*Referencia a puntos conocidos de captación*
Nombre Solicitante	***Unidad de Caudal***	*Referencia a puntos conocidos de restitución*
Unidad de Resolución/ Oficio/ C.B.Río	*¿Caudal Promedio Anual?*	*Distancia*
Fecha de Resolución/ Envío al Juez/ Inscripción C.B.Río	*Caudal Ecológico (l/s)*	*Unidad Distancia*
N° Resolución/ Oficio/Fojas| N° CBR	*¿Caudal Ecológico Promedio?*	*Desnivel (m)*
Fecha Toma Razón	*Acciones en el Cauce*	*C.B.Río*
Artículo Transitorio	*Acciones en la Fuente*	*Fojas*
Tipo Derecho	***UTM Norte Captación (m)***	*N° CBR*
Naturaleza del Agua	***UTM Este Captación (m)***	*Año2*
Clasificación Fuente	***Huso***	*Código Expediente Antiguo*

Tabla 4-8 Campos de contenido del Catastro Público de Aguas		
Uso del Agua	***Datum***	*¿Posee más de un punto de captación?*
Cuenca	*Latitud Captación*	*N° Certificado/ Año*
	Longitud Captación	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del CPA (DGA, julio 2016)

A continuación se describe brevemente cada uno de los campos destacados.

- ***Comuna:*** en la que se ubica el Derecho otorgado.
- ***Tipo Derecho***: indica si se trata de un derecho *Consuntivo* o *No consuntivo.*
- ***Naturaleza del Agua*:** diferencia entre *Subterránea, Superficial, Superficial y Corriente, Superficial y Detenida,* y *Superficial Corrientes/Detenidas*.
- ***Uso del Agua:*** diferencia entre *Riego, Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento, Uso Industrial, Piscicultura, Energía Hidroeléctrica* y *Otros Usos.*
- ***Cuenca:*** cuenca hidrológica en la que se ubica el Derecho otorgado.
- ***SubCuenca:*** en la que se ubica el Derecho otorgado.
- ***SubSubCuenca:*** en la que se ubica el Derecho otorgado.
- ***Fuente:*** nombre del río, estero, arroyo, quebrada, etc., donde se ubica.
- ***Enero, Febrero…Diciembre:*** indica el caudal otorgado en cada mes del año.
- ***Ejercicio del Derecho:*** se refiere a la disponibilidad que tiene el titular del derecho, pudiendo ser una combinación de los siguientes tipos: *permanente* o *eventual*, *continuo* o *discontinuo*, o *alternado.*
- ***Caudal Anual Prom:*** promedio anual del caudal otorgado. Este dato permite calcular el volumen total anual otorgado, expresado en millones de metros cúbicos (hm^3/año).

- ***Unidad de Caudal:*** especifica en qué unidad, *l/s* o *acciones*, está expresado el caudal otorgado, válido tanto para los caudales mensuales, como para el promedio anual.
- ***UTM Norte Captación (m), UTM Este Captación (m), Huso*** y ***Datum:*** referencias para la ubicación de la captación, según el sistema UTM.

Es preciso señalar que se han encontrado ciertas deficiencias en los datos que aparecen en este el catastro, apareciendo con frecuencia registros incompletos, con campos vacíos, que impiden su caracterización (*Naturaleza, Uso del Agua*), o dificultan su ubicación (*Subcuenca, Comuna*, coordenadas de la captación) cuando son datos incorrectos (coordenadas UTM fuera de rango o intercambiadas Norte por Este, husos erróneos). También se han detectado caudales otorgados multiplicados por 1.000 debido a errores en el formato de puntuación (punto o coma decimal), como ocurre, por ejemplo, con el derecho con código ND-0703-5905, de naturaleza subterránea, en la subcuenca del río Longaví, que figura con un caudal de 40.660 l/s (cuarenta mil seiscientos sesenta litros por segundo), cuando en realidad es 40,66 l/s (cuarenta como sesenta y seis litros por segundo)[4].

En el análisis realizado se corrigió o completó la información errónea o incompleta, no obstante esta acción no se realizó en forma exhaustiva dado que no corresponde al propósito de este estudio.

Por otro lado, también es necesario tener presente que los caudales otorgados no corresponden a extracciones reales sino que se refieren a caudales máximos a disposición del titular del derecho, con los condicionantes derivados del tipo de ejercicio del derecho en cada caso. Consecuentemente, los volúmenes resultantes de los caudales otorgados en los DAA podrían ser superiores a las demandas consideradas en el Capítulo

[4] Corregido por la Dirección General de Aguas Región del Maule

3 del presente Informe, obtenidas de diferentes estudios en los que se han aplicado unos determinados factores de uso a dichos volúmenes.

4.3.2. Distribución de DAA por UPH

La distribución de los DAA otorgados en las nueve Unidades de Planificación Hídrica se realizó siguiendo tres criterios diferentes. Como resultado, se tienen tres series de datos que fueron comparadas entre sí.

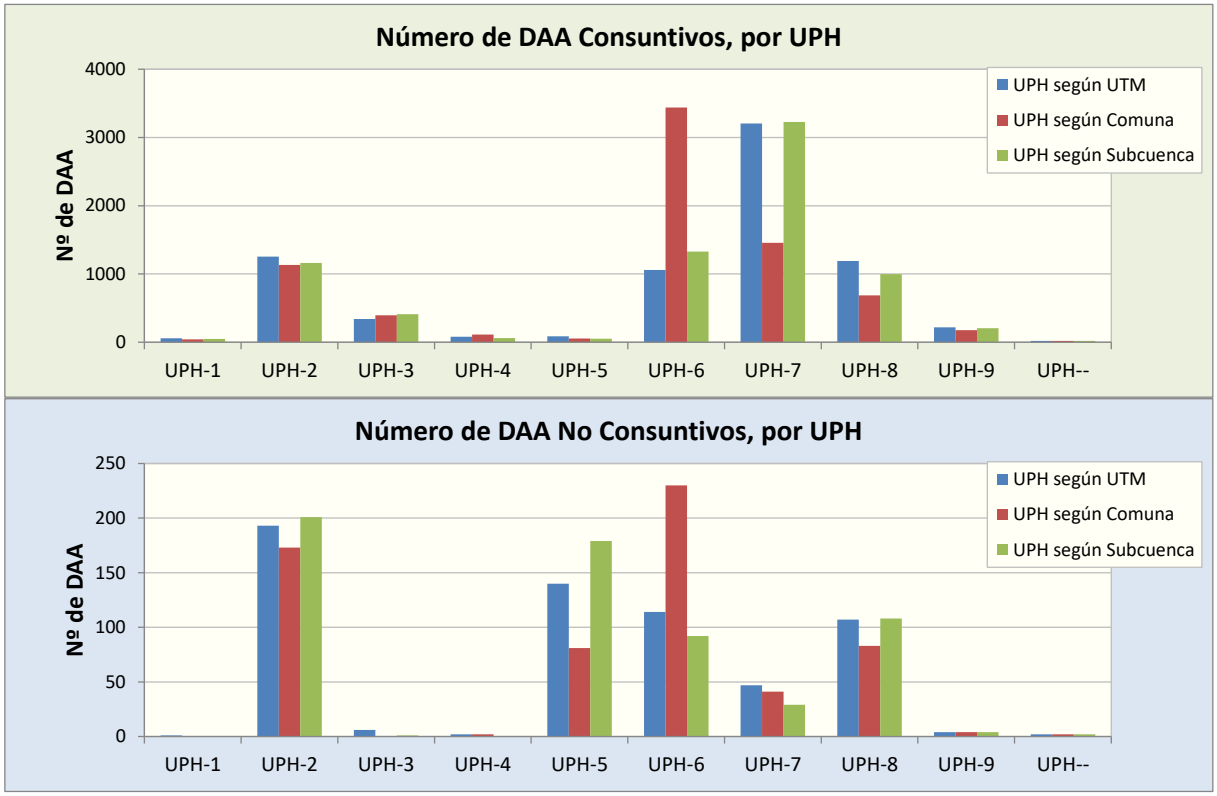
a) **Asignación según coordenadas UTM de la captación**: cuando se dispuso de las coordenadas de la captación, se tomaron como referencia para ubicar el DAA correspondiente; en caso contrario, se asignó la UPH según la comuna que figure el derecho; y si tampoco existe este dato, se opta por la subcuenca.
b) **Asignación según la Comuna**: se asigna la UPH de la comuna en que se ubica el DAA[5]; si no se dispone de este dato, se asigna según la subcuenca; y si tampoco se dispone de este dato, se asigna la UPH según las coordenadas de la captación.
c) **Asignación según la Subcuenca**: se asigna la UPH de la subcuenca en que se ubica el DAA; si no se dispone de este dato, se asigna según la comuna; y si tampoco se dispone de este dato, se asigna la UPH según las coordenadas de la captación.

En las tablas y gráficos adjuntos siguientes se indica el número y el volumen otorgado de DAA que resultan de aplicar uno u otro criterio de asignación, discriminando entre usos consuntivos y no consuntivos. De los 8.122 DAA, veinte de ellos (18 consuntivos y 2 no consuntivos) no pudieron asignarse a ninguna de las UPH por carecer de datos para su ubicación. Los criterios a) y b) ofrecen resultados semejantes, mientras que el criterio b) discrepa

[5] Puesto que los límites comunales no coinciden con los de las UPH, en aquellas comunas que comparten su territorio entre más de una UPH, el DAA se asigna según el siguiente criterio: para el uso Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento, a la UPH en que se encuentre el mayor núcleo de población; y para el resto de los usos, a la UPH que comprenda una mayor extensión de comuna.

de los otros dos de manera notable. Atendiendo al volumen otorgado, obtenido a partir del caudal promedio anual y considerando la equivalencia 1 acción= 1 l/s, las diferencias entre los tres criterios de asignación de UPH son menores, sobre todo, en lo que se refiere a usos consuntivos.

Gráfica 4- 2 Número de DAA por UPH, según el criterio de asignación de UPH



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del CPA (DGA, julio 2016)

Tabla 4-9 Número de DAA según el criterio de asignación de UPH

UPH	Criterio según UTM			Criterio según Comuna			Criterio según Subcuenca		
	Consuntivo	No Consuntivo	TOTAL	Consuntivo	No Consuntivo	TOTAL	Consuntivo	No Consuntivo	TOTAL
1	56	1	**57**	42		**42**	47		**47**
2	1.253	193	**1.446**	1.131	173	**1.304**	1.162	201	**1.363**
3	339	6	**345**	393		**393**	412	1	**413**
4	80	2	**82**	112	2	**114**	60		**60**
5	87	140	**227**	53	81	**134**	51	179	**230**
6	1.060	114	**1.174**	3.438	230	**3.668**	1.327	92	**1.419**
7	3.204	47	**3.251**	1.457	41	**1.498**	3.227	29	**3.256**
8	1.191	107	**1.298**	685	83	**768**	998	108	**1.106**
9	218	4	**222**	177	4	**181**	204	4	**208**
Sin asignar	18	2	**20**	18	2	**20**	18	2	**20**
TOTAL	**7.506**	**616**	**8.122**	**7.506**	**616**	**8.122**	**7.506**	**616**	**8.122**

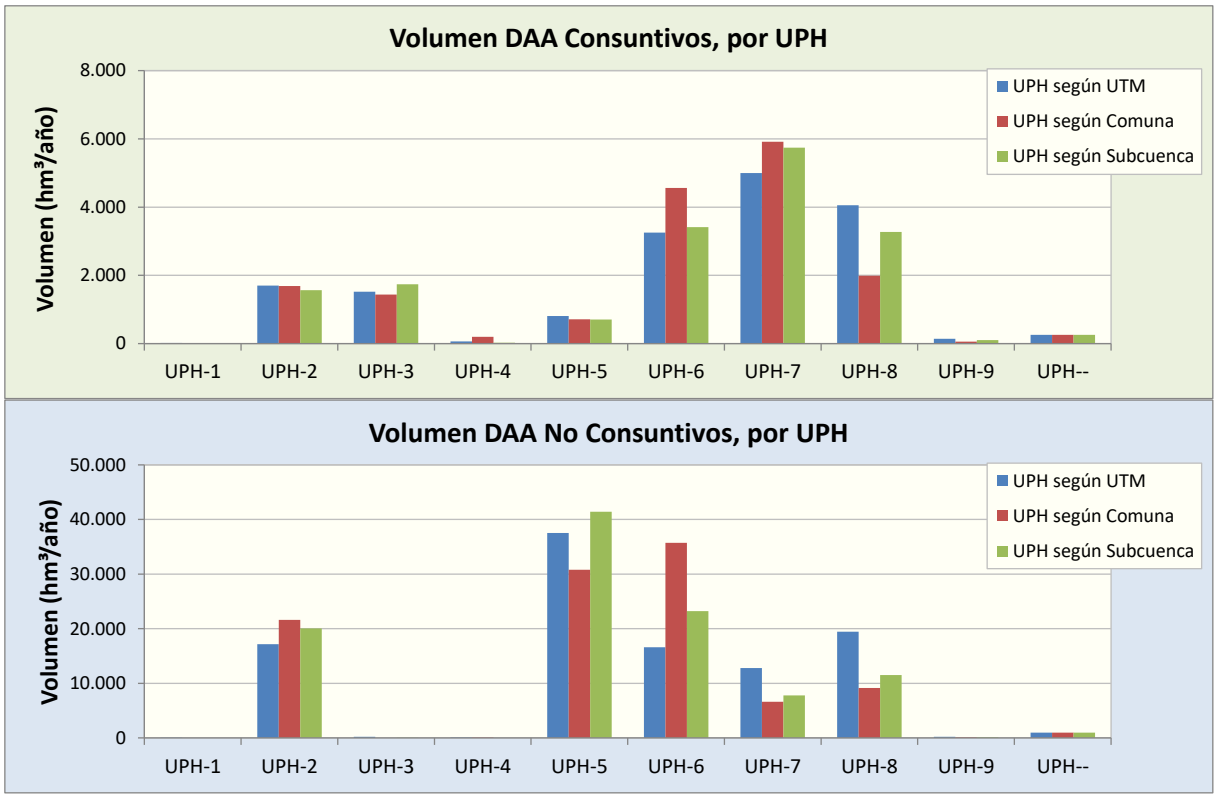
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del CPA (DGA, julio 2016)

Tabla 4-10 DAA según el criterio de asignación de UPH. Volumen (hm³/año)

UPH	Criterio UPH según UTM			Criterio UPH según Comuna			Criterio UPH según Subcuenca		
	Consuntivo	No Consuntivo	TOTAL	Consuntivo	No Consuntivo	TOTAL	Consuntivo	No Consuntivo	TOTAL
1	19,6	46,3	65,8	4,7		4,7	5,7		5,7
2	1.702,2	17.164,7	18.866,9	1.688,4	21.608,9	23.297,3	1.562,3	20.039,3	21.601,6
3	1.520,1	201,5	1.721,7	1.437,4		1.437,4	1.735,5	7,9	1.743,3
4	62,8	81,5	144,4	198,2	61,8	260,0	24,0		24,0
5	809,6	37.537,5	38.347,1	710,1	30.800,7	31.510,7	707,5	41.405,7	42.113,1
6	3.250,5	16.598,9	19.849,3	4.559,5	35.746,8	40.306,2	3.411,1	23.215,3	26.626,4
7	4.999,6	12.809,6	17.809,2	5.917,8	6.626,8	12.544,6	5.741,0	7.790,1	13.531,1
8	4.057,1	19.463,3	23.520,4	1.986,9	9.137,0	11.123,9	3.273,8	11.523,6	14.797,4
9	141,0	192,7	333,7	59,5	114,2	173,7	101,7	114,2	215,8
Sin asignar	255,8	950,2	1.206,0	255,8	950,2	1.206,0	255,8	950,2	1.206,0
TOTAL	**16.818,3**	**105.046,2**	**121.864,5**	**16.818,3**	**105.046,2**	**121.864,5**	**16.818,3**	**105.046,2**	**121.864,5**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del CPA (DGA, julio 2016)

Gráfica 4- 3 Volumen de DAA por UPH, según el criterio de asignación de UPH



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del CPA (DGA, julio 2016)

4.3.3. DAA consuntivos según naturaleza del agua

En la tabla siguiente se totalizan el número y el volumen de DAA otorgados de tipo consuntivo, diferenciando si se trata de derechos sobre aguas superficiales o subterráneas.

Tabla 4-11 DAA Consuntivos según naturaleza del agua

UPH		Superficiales		Subterráneas		Total Consuntivos	
Nº	Denominación	Nº DAA	Volumen (hm³/año)	Nº DAA	Volumen (hm³/año)	Nº DAA	Volumen (hm³/año)
1	Costeras entre límite Región y Río Mataquito	18	14,5	38	5,1	56	19,6
2	Cuenca Alta del Mataquito	225	1.058,5	1.028	643,8	1.253	1.702,2
3	Cuenca Baja del Mataquito	132	1.452,5	207	67,6	339	1.520,1
4	Costeras Mataquito-Maule	37	48,2	43	14,6	80	62,8
5	Cuenca Alta del Maule	37	790,8	50	18,8	87	809,6
6	Cuenca Media y Baja del Maule	418	2.882,6	642	367,9	1.060	3.250,5
7	Cuenca del Perquilauquén	2.330	4.523,7	874	475,9	3.204	4.999,6
8	Cuenca del Loncomilla	524	3.707,2	667	349,9	1.191	4.057,1
9	Costeras entre río Maule y limite Región	141	115,6	77	25,4	218	141,0
Sin asignar	---	13	255,3	5	0,5	18	255,8
TOTAL		**3.875**	**14.849,0**	**3.631**	**1.969,3**	**7.506**	**16.818,3**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del CPA (DGA, julio 2016)

De la observación de estos datos se pueden establecer los siguientes comentarios:

- **UPH-1. Costeras entre límite Región y Río Mataquito**: está conformada por sectores que no tienen en cantidad muchos derechos otorgados, puesto que se refiere a la zona del lago Vichuquén. Dentro de esta zona un total de 56 derechos otorgados consuntivos, de los cuales 38 derechos son sobre aguas subterráneas y 18 sobre aguas superficiales. Esto obedece a la lógica que al ser una zona donde las aguas superficiales casi no escurren por su ubicación geográfica se solicitan más derechos subterráneos. También la totalidad de los derechos son de tipo consuntivo.
- **UPH-2. Cuenca Alta del Mataquito**: tiene un total de 1.253 derechos consuntivos, siendo en su mayoría derechos de origen subterráneo, aunque en volumen, son las aguas superficiales las que tienen un mayor peso. Es evidente que ya se empieza a notar un poco la zona de mayor riego en esta superficie.
- **UPH-3. Cuenca Baja del Mataquito**: posee un total de 339 derechos otorgados consuntivos, una mayor parte de derechos de tipo subterráneos (207) que superficiales (157), obedeciendo a la ubicación geográfica, siendo esta zona costera e interior. También posee en su inmensa mayoría derechos de tipo consuntivo.
- **UPH-4. Costeras Mataquito-Maule**: posee un total de 80 derechos consuntivos otorgados, una cantidad baja en comparación a otras zonas. Esto responde a que la zona también es una zona costera y muy cercana al mar, por tanto, lo que solicitan los usuarios son, en su mayoría, derechos de carácter subterráneo, al igual que en las UPH 1 y 3.
- **UPH-5. Cuenca Alta del Maule**: posee un total de 87 derechos otorgados consuntivos siendo, con un reparto equilibrado entre superficiales y subterráneos. Los derechos no consuntivos tienen un gran peso en esta UPH, donde se localizan importantes embalses de generación de electricidad.
- **UPH-6. Cuenca Media y Baja del Maule**: posee un total de 1.063 derechos otorgados consuntivos. Esta zona comprende áreas de riego y de costa, y es por ello que comparten casi equitativamente derechos de

carácter superficial como subterráneo. En lo que no se equiparan son en la cantidad de derechos consuntivos que posee, siendo muy superior a los no consuntivos.

- **UPH-7. Cuenca del Perquilauquén**: considera un total de 3.204 derechos otorgados consuntivos. Esta zona es la que posee la mayor cantidad de derechos otorgados de la VII Región y tiene como característica que es una zona de una fuerte componente agrícola, por lo que demanda una gran cantidad de agua. La zona de Perquilauquén en su mayoría está compuesta por derechos de origen superficial, y tiene una gran cantidad de conductores superficiales (canales). También posee en su mayoría derechos de carácter consuntivos en desmedro de los no consuntivos.
- **UPH-8. Cuenca del Loncomilla**: es muy parecida a la anterior en cuanto a su superficie, por tanto, responde a las mismas características de los derechos otorgados mencionados en el punto de arriba. Posee 1.191 derechos concedidos pero tiene la particularidad que hay casi la misma cantidad de derechos superficiales como de derechos subterráneos. Igualmente, posee mayor cantidad de derechos consuntivos en desmedro de los no consuntivos.
- **UPH-9. Costeras entre río Maule y límite Región**: posee 218 derechos concedidos en su mayoría derechos de carácter superficial, aun siendo una zona costera. Esto es debido a la presencia en la zona de 2 dos ríos de cierta importancia (Curanilahue y Reloca), que hace que los usuarios tengan agua de esos cauces. Es una zona que posee una mayor cantidad de derechos consuntivos.

4.3.4. Comparación entre los datos del CPA y el Atlas del Agua

A finales de 2015, la Dirección General de Aguas editó el *Atlas del Agua, Chile, 2016,* que recoge información relevante y actualizada sobre los recursos hídricos del país, así como de su utilización; las tendencias en el

consumo y la disponibilidad; la institucionalidad y entidades vinculadas a la gestión del recurso y las cuencas que conforman las respectivas macrozonas. El cuarto capítulo trata sobre la gestión y administración del agua y recoge datos actualizados hasta el mes de agosto de 2015 de los Derechos de Aprovechamientos de Agua, distribuidos por las doce Regiones que configuran la República de Chile.

Aunque el propio Atlas reconoce que: *"Uno de los grandes desafíos para la gestión de los recursos hídricos en Chile y que motiva las modificaciones al Código de Aguas que actualmente impulsa el Gobierno, es acortar la brecha de información del CPA, especialmente en lo referido a derechos de aprovechamiento de aguas no constituidos por la DGA, como son aquellos reconocidos por los tribunales de justicia y los fijados por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). Por lo anterior, es importante señalar que la información presentada y analizada en este Atlas se refiere a la obtenida desde el CPA",* parece conveniente conocer las posibles desviaciones que se producen entre los datos de dicho Atlas referidos a la Región del Maule y los manejados en el presente estudio.

Para ello, se han elaborado dos tablas comparativas de los datos manejados en ambas fuentes documentales –hay que recordar que el presente Estudio se nutre de datos hasta el mes de julio de 2016, es decir, casi un año más de datos-, una referida al número de DAA y la otra a los volúmenes otorgados, que se adjuntan a continuación:

Tabla 4-12 Comparación del número de DAA con el Atlas del Agua 2016

FUENTE	USO CONSUNTIVOS			USO NO CONSUNTIVO	TOTAL
	Superficial	Subterráneo	Total		
Estudio actual	3.875	3.631	7.506	616	8.122
Atlas del Agua 2016	3.763	3.240	7.003	583	7.586
Diferencia (nº)	**112**	**391**	**503**	**33**	**536**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos indicados

Tabla 4-13 Comparación de los volúmenes otorgados de DAA con el Atlas del Agua 2016

FUENTE	USOS CONSUNTIVOS			USOS NO CONSUNTIVOS	TOTAL (hm^3/año)
	Superficial	Subterráneo	Total		
Estudio actual	14.849	1.969	16.818	105.046	121.864
Atlas del Agua 2016	13.425	1.719	15.144	99.073	114.216
Diferencia (hm^3/año)	**112**	**391**	**503**	**33**	**536**

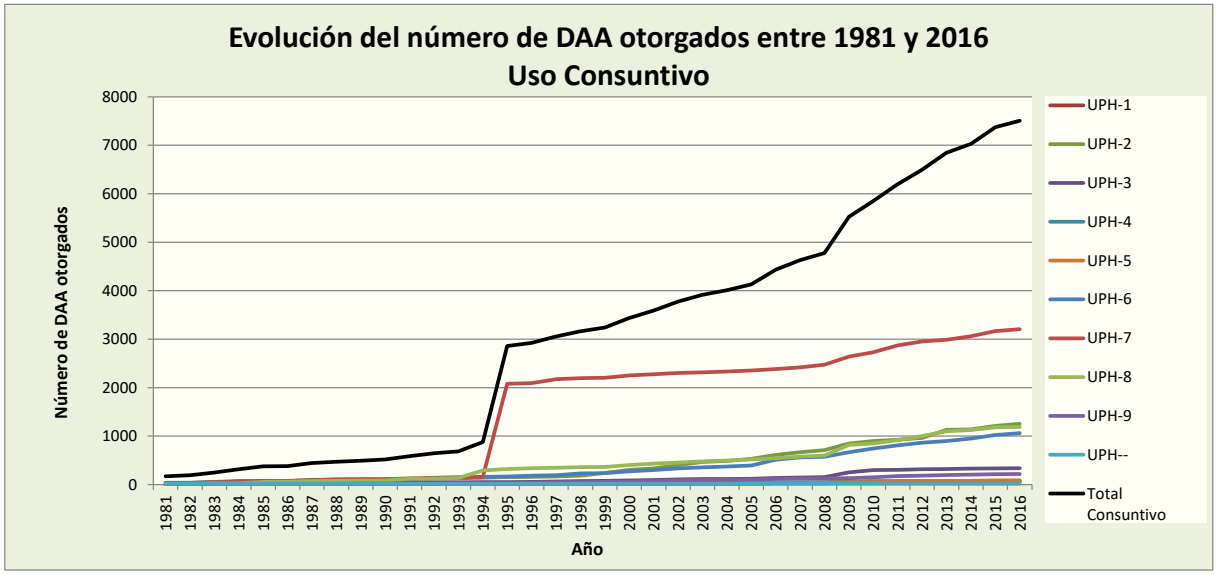
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos indicados

Se debe indicar que los datos del Atlas se refieren a la Región del Maule en su totalidad y no existe una distribución para todas las cuencas hidrográficas –sólo aparecen datos parciales del Mataquito y del Maule-, por lo que la comparación se ha hecho sobre la totalidad de la Región. Como se puede observar en las tablas anteriores, las cifras son muy parecidas, tanto en número, como en volúmenes otorgados por lo que, la escasa diferencia que se percibe, puede deberse a que en el estudio actual se han procesado datos de un año más que en el Atlas.

4.3.5. Evolución de los DAA consuntivos

En los gráficos siguientes se muestra la evolución de los DAA consuntivos entre los años 1981 y 2016, considerando una asignación de UPH según las coordenadas de la captación.

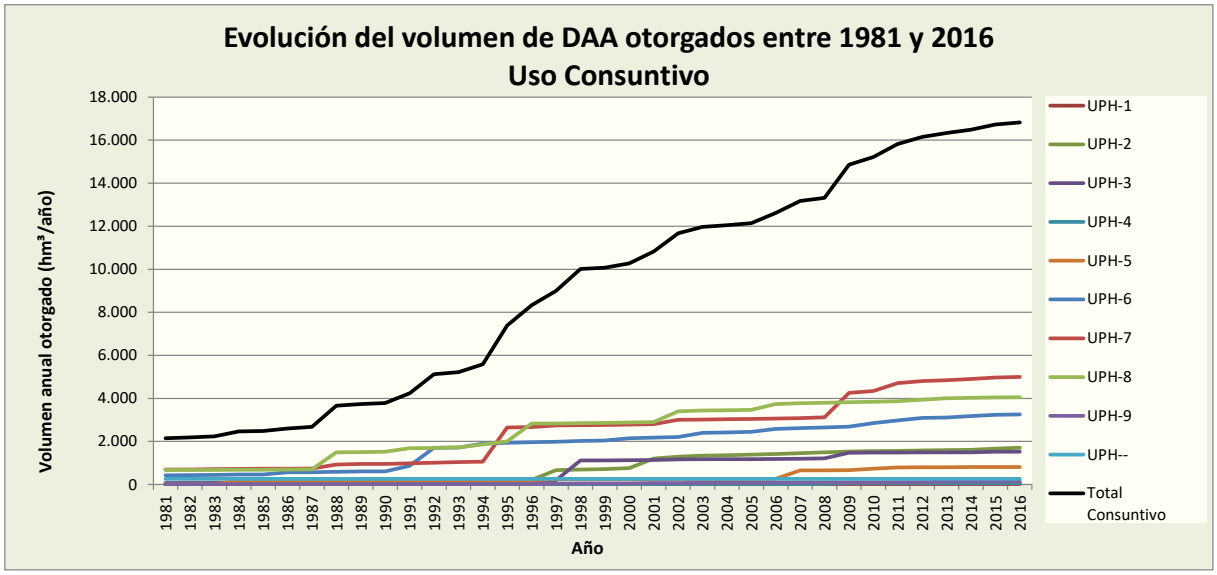
Gráfica 4- 4 Evolución del número de DAA otorgados entre 1981 y 2016



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del CPA (DGA, julio 2016)

Destaca el incremento experimentado en la Cuenca del Perquilaquén (UPH-7) en el año 1995, coincidiendo con el otorgamiento de derechos a 1.320 usuarios de la Asociación de Canalistas Digua Ñiquén. Este incremento de DAA se traduce en un aumento del volumen otorgado de 1.600 hm³/año, lo que representa algo más del 30% del volumen otorgado actualmente en esa UPH.

Gráfica 4- 5 Evolución del volumen de DAA otorgados entre 1981 y 2016



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del CPA (DGA, julio 2016)

4.3.6. Distribución del volumen de usos consuntivos según uso del agua

En la tabla y gráficos siguientes se recogen los volúmenes otorgados según el uso del agua, diferenciando la naturaleza del agua, superficial o subterránea, de los DAA consuntivos.

Tabla 4-14 Distribución del volumen otorgado (hm³/año) de DAA consuntivos, según naturaleza del agua (superficiales y subterráneos)

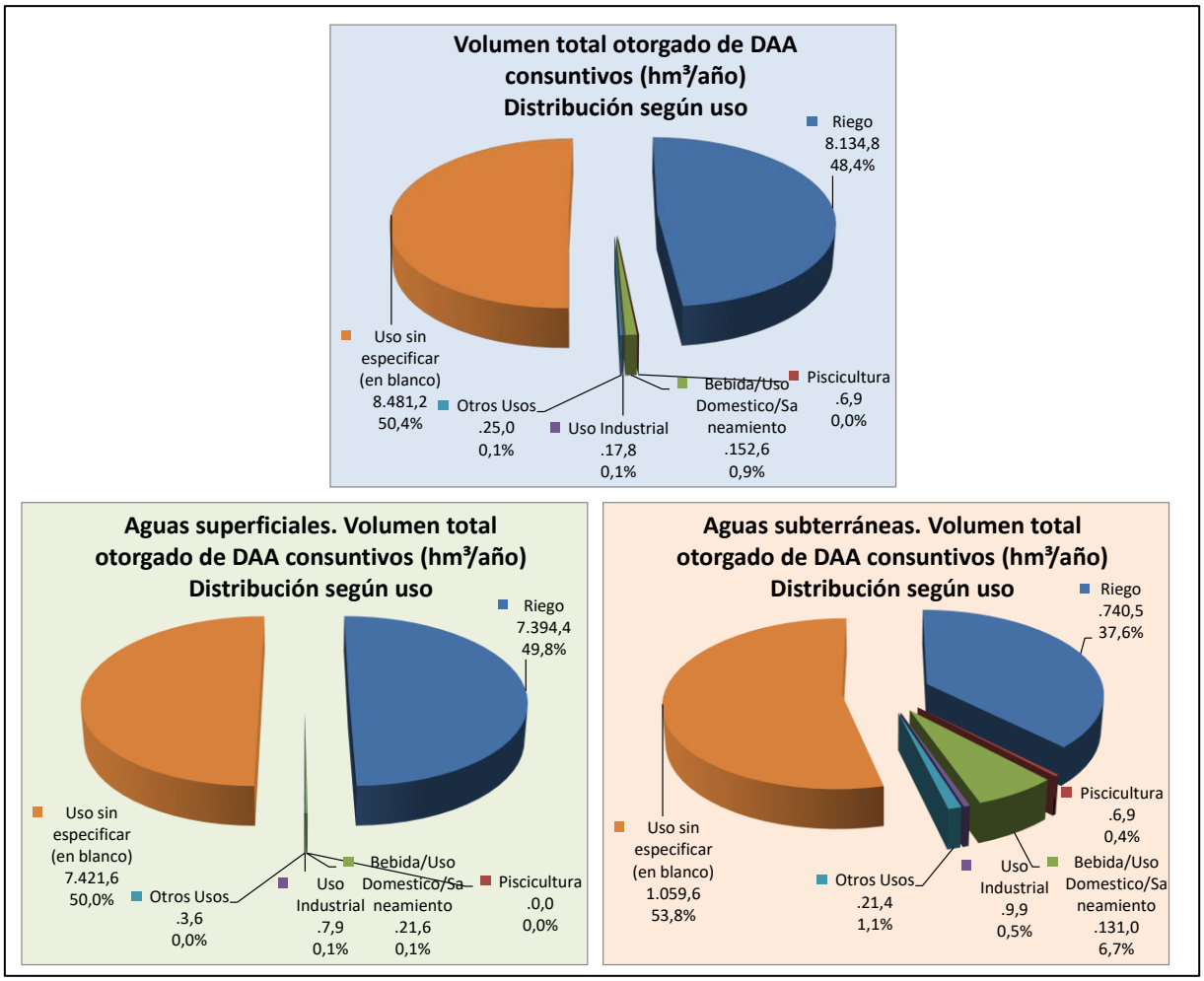
Naturaleza	Riego	Pisci-cultura	Bebida/Uso Doméstico/ Sanea miento	Uso Industri al	Otros Usos	Uso sin especificar	TOTAL
Superficial	7.394,4	0,00	21,6	7,9	3,6	7.421,6	14.849,0
Subterránea	740,5	6,9	131,0	9,9	21,4	1.059,6	1.969,3
TOTAL	**8.134,9**	**6,9**	**152,6**	**17,8**	**25,0**	**8.481,2**	**16.818,3**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del CPA (DGA, julio 2016)

De los datos anteriores, es de destacar el volumen de los DAA en los que no se especifica el uso del derecho, que llegan a sumar casi 8.500 hm³/año, más del 50% del volumen total otorgado para usos consuntivo (16.800 hm³/año).

Este porcentaje del 50% de usos sin especificar se mantiene considerando sólo los DAA superficiales (7.400 frente 14.850) mientras que en el caso de DAA subterráneos es algo mayor, llegando a suponer el 54% del volumen otorgado.

Gráfica 4- 6 Distribución del volumen otorgado de DAA Consuntivos, según uso



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del CPA (DGA, julio 2016)

La tabla siguiente muestra los volúmenes de los diferentes usos según Unidades de Planificación Hídrica. En ella se puede observar, en cuanto a los volúmenes con uso asignado, que en los derechos sobre aguas superficiales el riego es claramente predominante, suponiendo un volumen residual el resto de usos. En efecto, el porcentaje de DAA con uso para riego es próximo al 100% en casi todas las UPH, con la excepción de la UPH-1. Lago

Vichuquén, en la que el riego supone el 66% y el agua potable el 34%, y la UPH-4. Costeras Mataquito-Maule, con un 85% y un 15%, respectivamente. En términos absolutos, el volumen de estas dos UPH es muy poco significativo: sus DAA apenas suman 23 hm³/año, frente a los 7.400 hm³/año de los DAA con usos superficiales que suponen todas las UPH.

No ocurre lo mismo con los derechos de aguas subterráneas, en los que el porcentaje de uso para agua potable aumenta notablemente respecto al riego, llegando a ser mayoritario en la UPH-1, con un 72% de los derechos con uso frente al 28% con uso para riego. En la Cuenca Alta del Mataquito (UPH-2), con un volumen otorgado de casi 290 hm³/año, el 11% es para agua potable y el 88% para riego, mientras que en la Cuenca Media y Baja del Maule (UPH-6) el agua potable supone el 32% de los 172 hm³/año otorgados y el riego, el 60%. Todo ello, sin tener en cuenta los 8.481 hm³/año que no tienen especificado uso alguno.

Tabla 4-15 Distribución del volumen otorgado (hm³/año) de DAA consuntivos, según UPH y naturaleza del agua (superficiales y subterráneos)

UPH	Riego	Pisci-cultura	Bebida/Uso Doméstico/ Saneamiento	Uso Industrial	Otros Usos	Uso sin especificar (en blanco)	TOTAL
DAA Consuntivos totales (superficiales y subterráneos)							
1	1,75	0,00	2,37	0,00	0,00	15,45	19,57
2	1.028,74	0,00	34,96	10,89	1,22	626,41	1.702,22
3	151,44	0,00	3,62	0,07	0,00	1.364,99	1.520,12
4	22,44	0,00	3,24	0,00	0,00	37,15	62,83
5	112,47	0,00	1,57	0,44	1,56	693,54	809,59
6	527,52	6,94	62,34	2,37	4,14	2.647,17	3.250,47
7	3.274,52	0,00	24,29	1,01	9,31	1.690,49	4.999,63
8	2.720,38	0,00	15,77	2,99	6,12	1.311,82	4.057,08
9	61,43	0,00	3,99	0,00	2,61	72,95	140,99
SD	234,14	0,00	0,46	0,00	0,00	21,20	255,80
TOTAL	**8.134,83**	**6,94**	**152,61**	**17,77**	**24,96**	**8.481,16**	**16.818,28**
DAA Consuntivos superficiales							
1	1,02	0,00	0,53	0,00	0,00	12,92	14,47
2	776,83	0,00	3,53	7,88	0,00	270,21	1.058,45
3	119,71	0,00	1,22	0,00	0,00	1.331,61	1.452,54
4	17,94	0,00	3,22	0,00	0,00	27,09	48,25
5	110,65	0,00	0,01	0,00	0,00	680,17	790,83
6	423,69	0,00	6,49	0,00	1,05	2.451,37	2.882,60
7	3.087,31	0,00	3,58	0,00	0,00	1.432,84	4.523,73
8	2.572,33	0,00	0,63	0,00	0,00	1.134,20	3.707,15
9	50,74	0,00	2,37	0,00	2,52	59,97	115,60
SD	234,14	0,00	0,00	0,00	0,00	21,20	255,33
Total	**7.394,36**	**0,00**	**21,58**	**7,88**	**3,58**	**7.421,57**	**14.848,97**
DAA Consuntivos subterráneos							
1	0,73	0,00	1,84	0,00	0,00	2,52	5,09
2	251,92	0,00	31,43	3,00	1,22	356,20	643,77
3	31,72	0,00	2,40	0,07	0,00	33,38	67,58
4	4,49	0,00	0,02	0,00	0,00	10,07	14,58
5	1,82	0,00	1,56	0,44	1,56	13,36	18,76
6	103,83	6,94	55,84	2,37	3,08	195,80	367,86
7	187,21	0,00	20,71	1,01	9,31	257,65	475,90
8	148,05	0,00	15,14	2,99	6,12	177,62	349,92
9	10,69	0,00	1,63	0,00	0,09	12,99	25,39
SD	0,00	0,00	0,46	0,00	0,00	0,00	0,46
Total	**740,48**	**6,94**	**131,03**	**9,89**	**21,38**	**1.059,59**	**1.969,31**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del CPA (DGA, julio 2016)

Dado que casi la mitad de los volúmenes otorgados no cuenta con información del uso al que será sometido, para asignar la totalidad de los derechos a uno u otro uso se utilizó como criterio supone casi el 96% de la demanda consuntiva corresponde a riego, y el resto a otros usos que se describen en la tabla siguiente:

Tabla 4-16 Redistribución del volumen otorgado (%) de DAA consuntivos, según UPH y naturaleza del agua

UPH	Naturaleza del agua	Riego	Piscicul-tura	Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	Uso Industrial	Otros Usos	TOTAL
1	Subterránea	41,8	-	67,5	16,3	-	**26,0**
	Superficial	58,2	-	32,5	83,7	-	**74,0**
2	Subterránea	24,5	-	78,4	46,1	100,0	**37,8**
	Superficial	75,5	-	21,6	53,9	0,0	**62,2**
3	Subterránea	20,9	-	7,6	2,6	-	**4,4**
	Superficial	79,1	-	92,4	97,4	-	**95,6**
4	Subterránea	20,0	-	7,3	27,1	-	**23,2**
	Superficial	80,0	-	92,7	72,9	-	**76,8**
5	Subterránea	1,6	-	8,8	4,0	100,0	**2,3**
	Superficial	98,4	-	91,2	96,0	0,0	**97,7**
6	Subterránea	19,7	100,0	43,5	10,1	74,5	**11,3**
	Superficial	80,3	0,0	56,5	89,9	25,5	**88,7**
7	Subterránea	5,7	-	37,9	16,9	100,0	**9,5**
	Superficial	94,3	-	62,1	83,1	0,0	**90,5**
8	Subterránea	5,4	-	37,1	19,6	100,0	**8,6**
	Superficial	94,6	-	62,9	80,4	0,0	**91,4**
9	Subterránea	17,4	-	32,6	17,8	3,3	**18,0**
	Superficial	82,6	-	67,4	82,2	96,7	**82,0**
SD	Subterránea	0,0	-	42,1	0,0	-	**0,2**
	Superficial	100,0	-	57,9	100,0	-	**99,8**
TOTAL	**Subterráne**	**10,8**	**100,0**	**85,9**	**13,9**	**85,7**	**11,7**
	Superficial	**89,2**	**0,0**	**14,1**	**86,1**	**14,3**	**88,3**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del CPA (DGA, julio 2016), redistribuyendo los volúmenes sin especificar entre el riego y el uso industrial

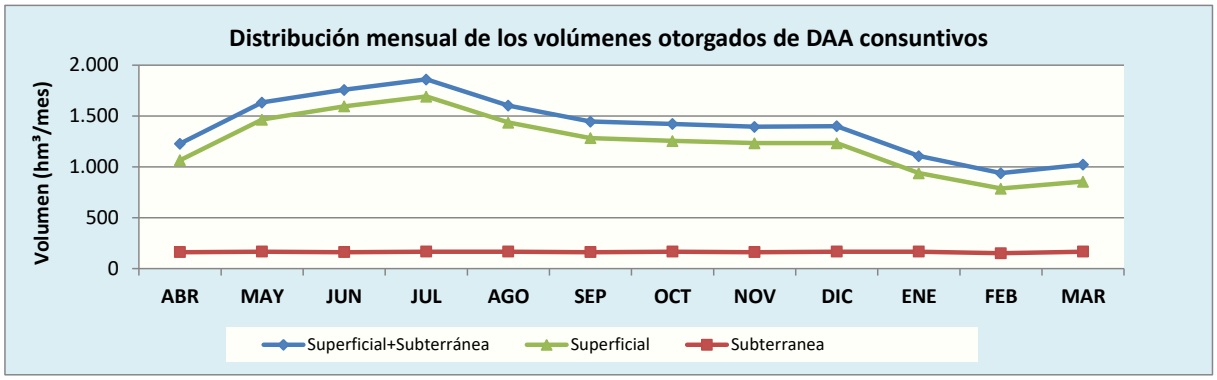
Tabla 4-17 Redistribución del volumen otorgado (hm³/año) de DAA consuntivos, según UPH y naturaleza del agua

UPH	Naturaleza del agua	Riego	Piscicul-tura	Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	Uso Industrial	Otros Usos	TOTAL
1	Subterránea	3,1	0,0	1,9	0,1	0,0	5,1
	Superficial	13,2	0,0	0,9	0,4	0,0	14,5
Total 1		**16,3**	**0,0**	**2,8**	**0,5**	**0,0**	**19,6**
2	Subterránea	586,7	0,0	42,1	13,7	1,2	643,8
	Superficial	1.030,8	0,0	11,6	16,0	0,0	1.058,5
Total 2		**1.617,6**	**0,0**	**53,8**	**29,7**	**1,2**	**1.702,2**
3	Subterránea	63,1	0,0	3,4	1,1	0,0	67,6
	Superficial	1.371,4	0,0	41,2	39,9	0,0	1.452,5
Total 3		**1.434,5**	**0,0**	**44,6**	**41,0**	**0,0**	**1.520,1**
4	Subterránea	14,0	0,0	0,3	0,3	0,0	14,6
	Superficial	43,4	0,0	4,0	0,8	0,0	48,2
Total 4		**57,4**	**0,0**	**4,3**	**1,1**	**0,0**	**62,8**
5	Subterránea	14,4	0,0	2,0	0,8	1,6	18,8
	Superficial	750,0	0,0	20,4	20,4	0,0	790,8
Total 5		**764,4**	**0,0**	**22,4**	**21,3**	**1,6**	**809,6**
6	Subterránea	287,9	6,9	61,7	8,2	3,1	367,9
	Superficial	2.728,0	0,0	80,0	73,5	1,1	2.882,6
Total 6		**3.015,9**	**6,9**	**141,8**	**81,8**	**4,1**	**3.250,5**
7	Subterránea	429,4	0,0	28,4	8,7	9,3	475,9
	Superficial	4.434,2	0,0	46,6	43,0	0,0	4.523,7
Total 7		**4.863,6**	**0,0**	**75,0**	**51,7**	**9,3**	**4.999,6**
8	Subterránea	315,0	0,0	20,5	8,3	6,1	349,9
	Superficial	3.638,5	0,0	34,7	34,0	0,0	3.707,2
Total 8		**3.953,5**	**0,0**	**55,1**	**42,3**	**6,1**	**4.057,1**
9	Subterránea	22,9	0,0	2,0	0,4	0,1	**25,4**
	Superficial	107,1	0,0	4,2	1,8	2,5	**115,6**
Total 9		**130,0**	**0,0**	**6,2**	**2,2**	**2,6**	**141,0**
SD	Subterránea	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
	Superficial	254,1	0,0	0,6	0,6	0,0	255,3
Total SD		**254,1**	**0,0**	**1,1**	**0,6**	**0,0**	**255,8**
TOTAL	**Subterránea**	**1.736,5**	**6,9**	**162,8**	**41,7**	**21,4**	**1.969,3**
TOTAL	**Superficial**	**14.370,6**	**0,0**	**244,2**	**230,5**	**3,6**	**14.849,0**
TOTAL		**16.107,1**	**6,9**	**407,0**	**272,2**	**25,0**	**16.818,3**

4.3.7. Distribución mensual del volumen otorgado. Usos consuntivos

El catastro de DAA incluye el máximo caudal del que puede disponer el titular mes a mes y el promedio anual. A partir de estos caudales se ha obtenido el volumen otorgado total y su variación a lo largo del año. En la tabla y gráfico siguientes se recogen los volúmenes obtenidos con estos caudales, para los DAA consuntivos y diferenciando entre aguas superficiales y subterráneas.

Gráfica 4- 7 Distribución mensual del volumen otorgado de DAA Consuntivos



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del CPA (DGA, julio 2016)

Tabla 4-18 Distribución mensual del volumen otorgado (hm³) de DAA consuntivos, según UPH y naturaleza del agua (superficiales y subterráneos)

Naturaleza	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	Total anual
Superf.	1.067	1.466	1.597	1.693	1.436	1.284	1.256	1.233	1.234	939	787	855	14.849
Subt.	162	167	162	167	167	162	167	162	167	167	151	167	1.969
TOTAL	**1.229**	**1.633**	**1.758**	**1.860**	**1.603**	**1.446**	**1.423**	**1.395**	**1.401**	**1.107**	**939**	**1.023**	**16.818**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del CPA (DGA, julio 2016)

La variabilidad que se observa en la distribución de los volúmenes otorgados de DAA superficiales, con un descenso acusado en los meses de verano (enero a marzo), obedece a la limitación del otorgamiento de derechos de riego en los meses de menor caudal fluyente. Los DAA con ejercicio del derecho discontinuo se otorgan de tal forma que, generalmente, disponen de un mayor caudal en los meses de otoño a primavera, cuando los recursos superficiales son más abundantes.

Obviamente, esta distribución mensual de volúmenes no debe entenderse como una distribución de la demanda, la cual obedece, en el caso de los riegos, a las necesidades hídricas de los cultivos, mayores en verano. La variabilidad a lo largo del año de los volúmenes de DAA subterráneas es inapreciable; los diferentes valores que se observan son debidos a la variación del número de días de cada mes[6]. En las tablas y gráficos siguientes se detallan estos volúmenes mensuales para cada UPH.

[6] En el catastro de DAA, todos los DAA subterráneas mantienen constante el caudal otorgado en todos los meses, independientemente del Ejercicio de Derecho registrado, continuo o discontinuo, lo que no parece razonable.

Tabla 4-19 Distribución mensual del volumen otorgado (hm³) de DAA consuntivos, según UPH y naturaleza del agua (superficiales y subterráneos)

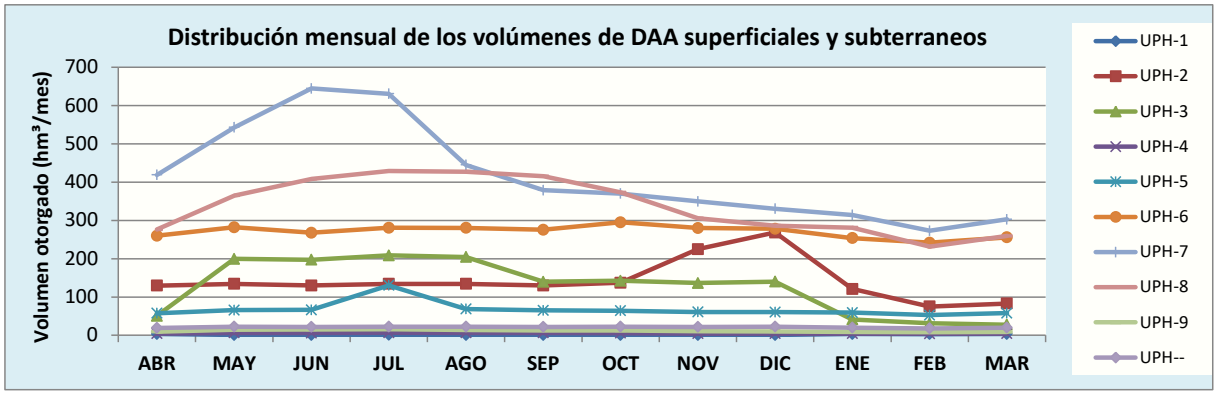
UPH	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	Anual
DAA Consuntivos totales (superficiales y subterráneos)													
1	3,2	0,7	0,9	1,1	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	3,3	3,0	3,3	19,6
2	129,8	134,2	130,1	134,4	134,4	129,9	137,1	225,0	268,4	120,8	75,1	83,1	1.702,2
3	50,7	199,6	197,4	208,7	204,2	139,9	142,4	136,5	140,1	41,5	31,4	27,7	1.520,1
4	4,3	6,2	5,9	6,6	6,2	6,5	5,6	4,3	4,4	4,4	4,0	4,4	62,8
5	57,6	65,7	66,5	130,3	68,5	65,2	64,2	60,9	60,7	59,1	52,8	58,0	809,6
6	259,8	282,0	267,9	280,8	280,5	275,4	295,1	280,1	278,0	253,6	241,6	255,7	3.250,5
7	418,8	542,6	644,5	630,4	444,8	378,8	370,0	349,7	330,4	314,0	273,1	302,7	4.999,6
8	276,1	364,9	408,2	429,2	427,1	415,0	372,8	305,3	286,3	281,0	231,7	259,4	4.057,1
9	9,3	14,8	15,2	15,9	14,2	12,8	12,6	10,9	9,8	8,9	8,0	8,5	141,0
S/A	19,3	22,6	21,9	22,6	22,6	21,9	22,6	21,9	22,6	19,9	18,0	19,9	255,8
Total	**1.229,1**	**1.633,4**	**1.758,4**	**1.860,0**	**1.603,4**	**1.446,2**	**1.423,3**	**1.395,4**	**1.401,2**	**1.106,5**	**938,5**	**1.022,7**	**16.818,3**
DAA Consuntivos superficiales													
1	2,8	0,3	0,5	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2	2,9	2,6	2,9	14,5
2	76,9	79,5	77,2	79,7	79,7	77,0	82,4	172,1	213,7	66,2	25,7	28,4	1.058,5
3	45,2	193,9	191,8	203,0	198,5	134,3	136,7	130,9	134,4	35,7	26,2	21,9	1.452,5
4	3,1	5,0	4,7	5,4	5,0	5,3	4,4	3,1	3,2	3,1	2,8	3,1	48,2
5	56,1	64,1	65,0	128,7	66,9	63,7	62,6	59,4	59,1	57,5	51,4	56,4	790,8
6	229,6	250,7	237,6	249,6	249,2	245,2	263,9	249,9	246,7	222,4	213,4	224,4	2.882,6

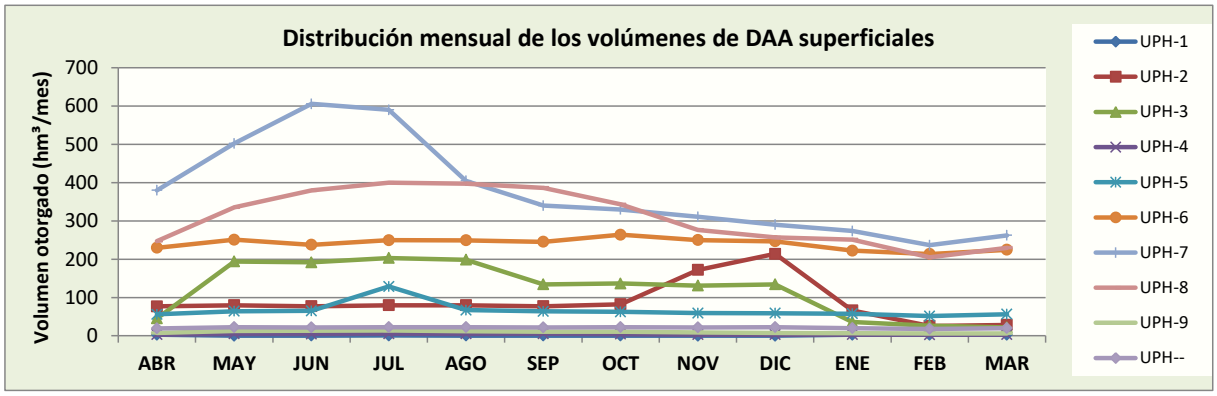
Tabla 4-19 Distribución mensual del volumen otorgado (hm³) de DAA consuntivos, según UPH y naturaleza del agua (superficiales y subterráneos)

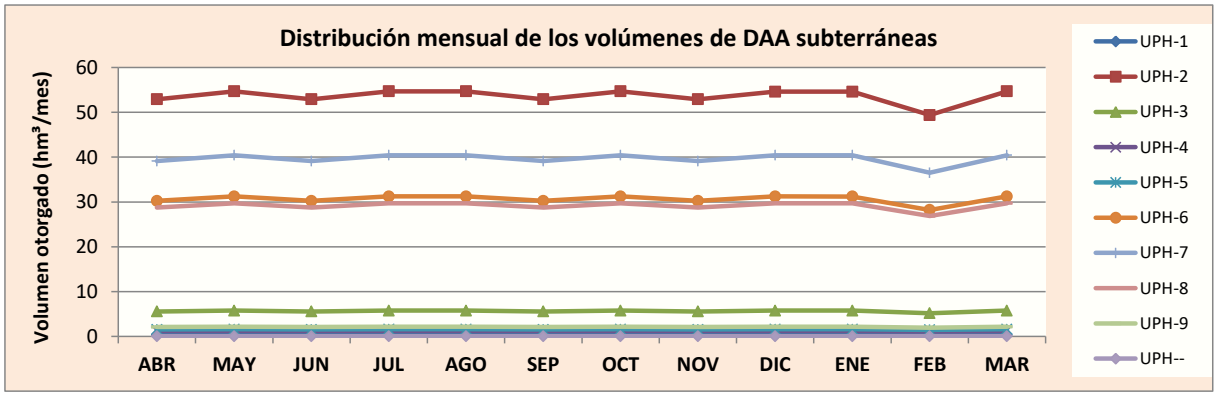
UPH	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	Anual
7	379,6	502,2	605,3	589,9	404,3	339,7	329,6	310,6	290,0	273,6	236,6	262,2	4.523,7
8	247,4	335,2	379,5	399,5	397,4	386,3	343,1	276,6	256,5	251,3	204,8	229,7	3.707,2
9	7,3	12,6	13,2	13,8	12,1	10,7	10,5	8,9	7,6	6,7	6,0	6,4	115,6
S/A	19,2	22,6	21,8	22,6	22,6	21,8	22,6	21,8	22,6	19,9	18,0	19,9	255,3
Total	**1.067,2**	**1.466,1**	**1.596,6**	**1.692,7**	**1.436,1**	**1.284,4**	**1.256,1**	**1.233,5**	**1.234,0**	**939,4**	**787,5**	**855,4**	**14.849,0**
DAA Consuntivos subterráneos													
1	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	5,1
2	52,9	54,7	52,9	54,7	54,7	52,9	54,7	52,9	54,6	54,6	49,4	54,7	643,8
3	5,6	5,7	5,6	5,7	5,7	5,6	5,7	5,6	5,7	5,7	5,2	5,7	67,6
4	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,2	14,6
5	1,5	1,6	1,5	1,6	1,6	1,5	1,6	1,5	1,6	1,6	1,4	1,6	18,8
6	30,2	31,2	30,2	31,2	31,2	30,2	31,2	30,2	31,2	31,2	28,2	31,2	367,9
7	39,1	40,4	39,1	40,4	40,4	39,1	40,4	39,1	40,4	40,4	36,5	40,4	475,9
8	28,8	29,7	28,8	29,7	29,7	28,8	29,7	28,8	29,7	29,7	26,8	29,7	349,9
9	2,1	2,2	2,1	2,2	2,2	2,1	2,2	2,1	2,2	2,2	1,9	2,2	25,4
S/A	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
Total	**161,9**	**167,3**	**161,9**	**167,3**	**167,3**	**161,9**	**167,3**	**161,9**	**167,2**	**167,2**	**151,1**	**167,3**	**1.969,3**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del CPA (DGA, julio 2016)

Gráfica 4- 8 Distribución mensual del volumen otorgado de DAA Consuntivos, por UPH







Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del CPA (DGA, julio 2016)

4.3.8. Volúmenes otorgados y demandas consuntivas

En este apartado se comparan los volúmenes otorgados según los DAA con los volúmenes de las demandas utilizados en los balances Oferta-Demanda incluidos en el Capítulo 3.

Las demandas consuntivas actuales (año 2015) se han estimado en dicho capítulo a partir del análisis de estudios existentes. Asimismo se cuantifican las extracciones de aguas subterráneas, lo que permite, por diferencia, estimar las demandas asociadas a las aguas superficiales.

En la tabla siguiente se recogen los volúmenes anuales estimados de demandas para cada UPH.

Tabla 4-20 Demandas consuntivas actuales

UPH		Demandas consuntivas actuales (hm³/año)		
Nº	**Denominación**	**Superficial**	**Subterránea**	**Total**
1	Costeras entre límite Región y Río Mataquito	3.54	0.9	4.4
2	Cuenca Alta del Mataquito	724.99	539.3	1 264.3
3	Cuenca Baja del Mataquito	192.15	16.9	209.1
4	Costeras Mataquito-Maule	2.31	0.7	3.0
5	Cuenca Alta del Maule	403.56	7.8	411.4
6	Cuenca Media y Baja del Maule	812.13	145.3	957.5
7	Cuenca del Perquilauquén	419.27	57.2	476.4
8	Cuenca del Loncomilla	638.84	130.3	769.1
9	Costeras entre río Maule y limite Región	9.98	2.4	12.4
TOTAL REGIÓN (hm³/año)		**3 206.8**	**900.8**	**4 107.5**

Fuente: Demandas incluidas en Capítulo 3. Diagnóstico de Oferta-Demanda Hídrica

Las demandas consuntivas actuales se han estimado a partir de estudios de detalle en los que, cuando no disponían de datos reales y contrastados de

extracciones, aproximaban las demandas a partir de los DAA otorgados afectándolos por los siguientes *factores de uso*:

-Agua potable:	0,75
-Riego:	0,20
-Industrial:	0,30
-Otros:	0,40

En la tabla siguiente se comparan los volúmenes de DAA otorgados con los resultantes de afectar los DAA por estos mismos factores de uso:

Tabla 4-21 Volumen otorgado de DAA consuntivos, sin y con factor de uso (hm³/año)

UPH		DAA otorgados consuntivos			DAA otorgados consuntivos (x factor de uso)		
Nº	**Denominación**	**Superficial**	**Subterránea**	**Total**	**Superficial**	**Subterránea**	**Total**
1	Costeras entre límite Región y Río Mataquito	14,5	5,1	19,6	5,8	2,5	8,3
2	Cuenca Alta del Mataquito	1.058,5	643,8	1.702,2	268,5	217,8	486,3
3	Cuenca Baja del Mataquito	1.452,5	67,6	1.520,1	557,5	21,5	579,0
4	Costeras Mataquito-Maule	48,2	14,6	62,8	16,8	4,9	21,8
5	Cuenca Alta del Maule	790,8	18,8	809,6	294,2	7,6	301,8
6	Cuenca Media y Baja del Maule	2.882,6	367,9	3.250,5	1.070,6	145,7	1.216,3
7	Cuenca del Perquilauquén	4.523,7	475,9	4.999,6	1.193,3	160,1	1.353,3
8	Cuenca del Loncomilla	3.707,2	349,9	4.057,1	968,6	115,4	1.084,0
9	Costeras entre río Maule y limite Región	115,6	25,4	141,0	36,9	8,6	45,5
TOTAL VII REGIÓN		**14.593,6**	**1.968,8**	**16.562,5**	**4.412,2**	**684,2**	**5.096,3**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del CPA (DGA, julio 2016) y demandas incluidas en Capítulo 3. Diagnóstico de Oferta-Demanda Hídrica

Comparando las dos tablas anteriores, se observa que el volumen total otorgado sin factor de uso (16.562 hm³/año) supera con creces demandas reales (4.108 hm³/año), si bien son las UPH 4, 7 y 9 las que presentan una mayor desviación, en términos relativos. En términos absolutos son las UPH 7 y 8 en las que las diferencias de volúmenes totales son más significativas, del orden de 4.500 y 3.300 hm³/año, respectivamente.

Tabla 4-22 Relación entre volúmenes de DAA otorgados y demandas actuales

UPH		Relación DAA/Demandas			Relación (DAA x Factor Uso)/Demandas		
Nº	Denominación	Super-ficial	Subte-rránea	Total	Super-ficial	Subte-rránea	Total
1	Costeras entre límite Región y Río Mataquito	4.1	-	4.4	1.6	-	1.9
2	Cuenca Alta del Mataquito	1.5	1.2	1.3	0.4	0.4	0.4
3	Cuenca Baja del Mataquito	7.6	4.0	7.3	2.9	1.3	2.8
4	Costeras Mataquito-Maule	20.9	21.8	21.1	7.3	7.4	7.3
5	Cuenca Alta del Maule	2.0	2.4	2.0	0.7	1.0	0.7
6	Cuenca Media y Baja del Maule	3.5	2.5	3.4	1.3	1.0	1.3
7	Cuenca del Perquilauquén	10.8	8.3	10.5	2.8	2.8	2.8
8	Cuenca del Loncomilla	5.8	2.7	5.3	1.5	0.9	1.4
9	Costeras entre río Maule y limite Región	11.6	10.6	11.4	3.7	3.6	3.7
TOTAL VII REGIÓN		**4.6**	**2.2**	**4.0**	**1.4**	**0.8**	**1.2**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del CPA (DGA, julio 2016) y demandas incluidas en Capítulo 3. Diagnóstico de Oferta-Demanda Hídrica

Por otro lado, el volumen total anual de DAA otorgados (5.100 hm³/año, aproximadamente) resulta algo superior a las demandas consideradas (4.100 hm³/año) debido, fundamentalmente, a las diferencias en los DAA de aguas superficiales. Los DAA subterráneas (684 hm³/año) se ajustan bastante mejor a las demandas subterráneas (901 hm³/año).

En la tabla anterior se recogen las relaciones entre los volúmenes de DAA otorgados y los de las demandas actuales, sin afectar y afectando a aquéllos por los correspondientes factores de uso.

Se observa que, afectando los DAA por los factores de uso, al nivel regional los valores están próximos a 1, es decir, se puede decir que los datos de DAA y demandas consideradas en el Capítulo 3 son coherentes. Sin embargo, las discrepancias a nivel de UPH llegan a ser muy significativas en algunas de ellas como en las costeras UPH-4 y UPH-9, si bien es cierto que los volúmenes de ambas son poco significativos –apenas suman 70 hm³/año, frente a los 5.100 de toda la Región–.

4.4. ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA

En este apartado se estima la disponibilidad hídrica existente en la actualidad a efectos de otorgamiento de nuevos derechos de usos de aguas, diferenciando entre la disponibilidad hídrica de aguas superficiales y la de aguas subterráneas.

La disponibilidad hídrica para el otorgamiento de nuevos Derechos de Aprovechamiento se ha determinado como diferencia entre la oferta hídrica y el volumen de los DAA otorgados, descontando el caudal ecológico, en el caso de la disponibilidad hídrica de aguas superficiales

4.4.1. Oferta hídrica

La oferta hídrica considerada en esta estimación de disponibilidad es la que se recoge en el Capítulo 3. En la tabla siguiente se detallan los recursos hídricos naturales en cada una de las UPH, sin acumular, correspondientes al Año Medio y a una probabilidad de excedencia del 85%, asimilable a un año seco.

Tabla 4-23 Recursos Hídricos Naturales (hm³/año)

	Totales		Superficiales		Subterráneos	
Unidad de Planificación Hídrica	**Año Medio**	**Prob. de excedencia del 85%**	**Año Medio**	**Prob. de excedencia del 85%**	**Año Medio**	**Prob. de excedencia del 85%**
UPH-1	118,7	39,3	102,8	34,1	15,9	5,3
UPH-2	4.619,2	3.022,8	3.902,7	2.553,9	716,5	468,9
UPH-3	910,7	608,9	655,0	437,9	255,7	171,0
UPH-4	211,5	67,7	196,6	62,9	14,9	4,8
UPH-5	7.451,3	5.231,4	7.411,8	5.203,7	39,5	27,7
UPH-6	3.658,2	1.697,8	3.228,3	1.498,3	429,9	199,5
UPH-7	2.347,8	800,7	1.414,9	482,5	932,9	318,2
UPH-8	4.533,2	1.761,3	3.939,2	1.530,6	594,0	230,8
UPH-9	323,7	152,1	244,8	115,0	78,9	37,1
TOTAL	**24.174,2**	**13.382,1**	**21.096,1**	**11.919,0**	**3.078,1**	**1.463,1**

Fuente: Recursos incluidos en Capítulo 3. Diagnóstico de Oferta-Demanda Hídrica

4.4.2. Disponibilidad hídrica de aguas superficiales

La disponibilidad hídrica de aguas superficiales para nuevos derechos de aprovechamiento de ejercicio permanente resulta de la diferencia entre la oferta hídrica superficial correspondiente a una probabilidad de excedencia del 85% y el volumen ya otorgado en DAA superficiales de tipo consuntivo, descontando el caudal ecológico. Este caudal ecológico se ha estimado como el 20% de los recursos del Año Medio.

4.4.2.1. Cálculo de la disponibilidad hídrica por UPH

En la tabla siguiente se detallan los valores de caudal ecológico que deben ser restados a la oferta hídrica.

Tabla 4-24 Estimación de Caudal Ecológico por UPH (hm³/año)

Unidad de Planificación Hídrica	RRHH superficiales medios (parciales) [1]	Caudal ecológico (20% RRHH medios) [2]=[1]*20%
UPH-1	102,8	20,6
UPH-4	196,6	39,3
UPH-9	244,8	49,0
UPH-2	3.902,7	780,5
UPH-3	655,0	131,0
Acumulado Mataquito UPH 2-3	**4.557,70**	**911,54**
UPH-5	7.411,8	1.482,4
UPH-6	3.228,3	645,7
Acumulado Maule Alto y Bajo UPH 5-6	**10.640,10**	**2.128,02**
UPH-7	1.414,9	283,0
UPH-8	3.939,2	787,8
Acumulado Maule, Loncomilla y Perquilauquén UPH 5-6-7-8	**15.994,20**	**3198,84**
TOTAL REGIÓN	**21.096,1**	**4.219,2**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del CPA (DGA, julio 2016) y recursos incluidos en Capítulo 3. Diagnóstico de Oferta-Demanda Hídrica

Tabla 4-25 Disponibilidad hídrica de aguas superficiales (hm³/año)

Unidad de Planificación Hídrica	RRHH superficiales (85% excedencia) [1]	Caudal ecológico (20% RRHH medios) [2]	DAA otorgados superficiales Consuntivos [3]	Disponibilidad hídrica Superficial [4]=[1]-[2]-[3]
UPH-1	34,1	20,6	14,5	**-1,0**
UPH-4	62,9	39,3	48,2	**-24,6**
UPH-9	115,0	49,0	115,6	**-49,5**
UPH-2	2.553,9	780,5	1.058,5	**714,9**
UPH-3	437,9	131,0	1.452,5	**-1.145,6**
Acumulado Mataquito UPH 2-3	**2.991,80**	**911,54**	**2.511,00**	**-430,74**
UPH-5	5.203,7	1.482,4	790,8	**2.930,5**
UPH-6	1.498,3	645,7	2.882,6	**-2.030,0**
Acumulado Maule Alto y Bajo UPH 5-6	**6.702,00**	**2.128,02**	**3.673,40**	**900,58**
UPH-7	482,5	283,0	4.523,7	**-4.324,2**
UPH-8	1.530,6	787,8	3.707,2	**-2.964,4**
Acumulado Maule, Loncomilla y Perquilauquén UPH 5-6-7-8	**8.715,10**	**3198,84**	**11.904,30**	**-6.388,04**
TOTAL REGIÓN	**11.919,0**	**4.219,2**	**14.593,6**	**-6.893,8**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del CPA (DGA, julio 2016) y recursos incluidos en Capítulo 3. Diagnóstico de Oferta-Demanda Hídrica

Como se observa, a nivel regional, la suma de los derechos consuntivos superficiales otorgados (14.594 hm³/año), junto con el caudal ecológico (4.219 hm³/año), superan los recursos superficiales (11.919 hm³/año) en

6.893,8 hm³/año, lo que supone que, en principio, no podrían otorgarse nuevos DAA consuntivos en la Región.

No obstante, a nivel de Unidad de Planificación Hídrica, la disponibilidad hídrica (balance positivo) en las UPH de cabecera se considera para otorgar nuevos derechos en las unidades de aguas abajo, siempre y cuando no se vieran perjudicados los DAA no consuntivos ya otorgados en aquéllas. Así pues, la disponibilidad en la UPH-5 Cuenca Alta del Maule, estimada en 2.931 hm³/año, se considera al momento de otorgar nuevos derechos en la UPH-6 Cuenca Media y Baja del Maule (-1.146 hm³/año) siempre y cuando estos nuevos derechos no perjudiquen los DAA no consuntivos ya otorgados de la UPH-5.

Igualmente, los 715 hm³/año disponibles en la UPH-2 Cuenca Alta del Mataquito, se consideran a la hora de otorgar nuevos derechos en la UPH-3 Bajo Mataquito con la condición de no perjudicar los DAA no consuntivos existentes en la UPH-2. Se debe considerar que el otorgamiento de derechos no se hace por Unidad de Planificación sino por cuenca aportante, es decir en las cuencas bajas se debe considerar la disponibilidad acumulada.

4.4.2.2. Disponibilidad hídrica corregida por derechos de aprovechamiento no consuntivos

Otro punto a considerar dentro de la disponibilidad hídrica son los derechos de aprovechamiento de agua no consuntivos. Si bien estos no afectan el balance de masas de agua, si afectan la disponibilidad efectiva en un punto dado que el agua se ha desviado del cauce principal y no está disponible para su extracción. En particular, en la UPH 5, el Caudal No Consuntivo Equivalente[7] determinado alcanza en promedio un total de 1.110 hm³/año,

[7] En la Etapa 2, capítulo 3, numeral 4.3 se propone el concepto de Caudal No Consuntivo Equivalente (CNCe), como la suma ponderada de los derechos no consuntivos, multiplicados la distancia establecida para su restitución, y el total dividido por la longitud del cauce, y se determinó su valor en hm3/año para cada UPH.

y en la UPH6, a 1.096 hm^3/año. En este caso, para el acumulado Maule Alto y Bajo, que teóricamente tiene una disponibilidad de 901 hm^3/año, se deben restar a lo menos los derechos que están permanentemente destinados a uso no consuntivo en la UPH 6 (1.096 hm^3/año). Realizando este ejercicio, queda una disponibilidad hídrica negativa de – 195 hm^3/año. Por lo tanto, no existiría disponibilidad hídrica real para otorgar derechos adicionales.

En complemento, en la cuenca del río Mataquito (UPH 2 y 3), que tiene una disponibilidad hídrica negativa de – 1.145 hm^3/año, se debe restar todavía los 457 hm3/año de CNCe, llegando a – 1.602 hm^3/año de disponibilidad real.

Tabla 4-26 Disponibilidad hídrica de aguas superficiales corregida por derechos no consuntivos (hm³/año)

Unidad de Planificación Hídrica	Disponibilidad hídrica Superficial (hm3/año)	Caudal No Consuntivo Equivalente CNCe (hm3/año)	Disponibilidad Hídrica corregida (hm3/año)
UPH-1	**-1,0**	0,0	**-1,0**
UPH-4	**-24,6**	0,0	**-24,6**
UPH-9	**-49,5**	3,2	**-46,3**
UPH-2	**714,9**	-457,3	**257,6**
UPH-3	**-1.145,6**	0,0	**-1.145,6**
UPH-5	**2.930,5**	-1.109,8	**1.820,7**
UPH-6	**-2.030,0**	-1.095,9	**-3.125,9**
UPH-7	**-4.324,2**	-129,9	**-4.454,1**
UPH-8	**-2.964,4**	-351,3	**-3.315,7**
TOTAL REGIÓN	**-6.893,9**	**-3.141,0**	**-10.034,9**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del CPA (DGA, julio 2016) y recursos incluidos en Capítulo 3. Diagnóstico de Oferta-Demanda Hídrica

4.4.3. Disponibilidad hídrica de aguas subterráneas

La disponibilidad hídrica de aguas subterráneas se estimó como la diferencia entre los recursos subterráneos sustentables (recarga media anual de los acuíferos) y el volumen otorgado en DAA subterráneas.

En la Tabla 4-25 se recogen los valores resultantes de disponibilidad hídrica de aguas subterráneas.

A nivel regional, se observa que recursos hídricos sustentables (3.078 hm³/año) son suficientes para satisfacer los DAA subterráneos otorgados actualmente (1.969 hm³/año), resultando un disponibilidad de 1.109 hm³/año, más del 36% de los recursos.

No obstante, en la UPH-2 Alto Mataquito, donde se localiza el sector acuífero Teno-Lontué, los recursos subterráneos (717 hm³/año) están próximos a llegar a su agotamiento, restando tan sólo 73 hm³/año, lo que representa tan sólo 10% de la recarga media anual.

Esta situación de la UPH -2 es congruente con la declaración de Área de Restricción del mencionado acuífero Teno-Lontué, recogida en el apartado 4.1.7. En dicha declaración, de marzo de 2015, la disponibilidad total, sin descontar el volumen otorgado hasta la fecha, se cifraba en 725 hm³/año, valor muy similar a los 717 hm³/año de recarga media anual calculada en el presente estudio para la UPH-2.

Tabla 4-27 Disponibilidad hídrica de aguas subterráneas (hm³/año)

Unidad de Planificación Hídrica	RRHH subterráneos sustentables	DAA otorgados subterráneos Consuntivos	Disponibilidad hídrica subterránea
UPH-1	15,9	5,1	10,8
UPH-2	716,5	643,8	72,7
UPH-3	255,7	67,6	188,1
UPH-4	14,9	14,6	0,3

Tabla 4-27 Disponibilidad hídrica de aguas subterráneas (hm³/año)			
Unidad de Planificación Hídrica	**RRHH subterráneos sustentables**	**DAA otorgados subterráneos Consuntivos**	**Disponibilidad hídrica subterránea**
UPH-5	39,5	18,8	20,7
UPH-6	429,9	367,9	62,0
UPH-7	932,9	475,9	457,0
UPH-8	594,0	349,9	244,0
UPH-9	78,9	25,4	53,5
TOTAL REGIÓN	**3.078,1**	**1.968,8**	**1.109,2**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del CPA (DGA, julio 2016) y recursos incluidos en Capítulo 3. Diagnóstico de Oferta-Demanda Hídrica

En cuanto a la otra Área de Restricción declarada en la Región, el acuífero Belco-Arenal, los valores de disponibilidad hídrica de la UPH-7 Cuenca del Perquilauquén, en la que se localiza, enmascaran esta circunstancia. En efecto, mientras la UPH-7 presenta una disponibilidad de 457 hm³/año, casi el 50% de la recarga media anual, según los datos que figuran en la declaración de esta área de restricción la disponibilidad para nuevos DAA provisionales en el acuífero Belco-Arenal apenas eran de 1,5 hm³/año en marzo de 2015, el 7,8% de los recursos sustentables de este acuífero.

4.4.4. Incertidumbre de la disponibilidad estimada

La estimación de la disponibilidad hídrica se basa en el balance entre la oferta hídrica y el volumen de derechos de aprovechamiento otorgado, diferenciando para ambos elementos entre superficiales y subterráneos. Por lo tanto, la incertidumbre de esta estimación tiene que ver con la incertidumbre de estos aspectos, que se pasan a analizar.

- **Incertidumbre de la oferta hídrica**. Viene dada por la interrelación de los recursos hídricos superficiales y los subterráneos, que aunque se

analizan en este estudio de forma independiente, no lo son totalmente. En efecto, las aguas subterráneas en una determinada UPH, además de alimentarse de la infiltración de la precipitación que cae directamente sobre la propia cuenca, según su coeficiente de infiltración, también son alimentadas por los flujos subsuperficiales procedentes de los subálveos de los ríos que la drenan y que, evidentemente, dependen de la escorrentía superficial, no solo de la generada en la propia cuenca sino también de la proveniente de las cuencas de aguas arriba, en su caso. Y viceversa, los recursos hídricos superficiales se alimentan, en parte, de los afloramientos que surgen procedentes de los acuíferos.

Por otro lado, la disponibilidad superficial se ha determinado a partir de los recursos hídricos superficiales con probabilidad de excedencia del 85%, lo que, por la propia definición de probabilidad, implica cierto grado de incertidumbre. Asimismo, el volumen a descontar en concepto de caudal ecológico (20% de la oferta hídrica superficial) no deja de ser una aproximación.

- **Incertidumbre de los volúmenes de DAA otorgados**. Los datos de los volúmenes otorgados de Derechos de Aprovechamiento de Aguas proceden del Catastro Público de Aguas que, como se ha comentado en el apartado 4.3, presenta ciertas deficiencias en lo que respecta a la localización geográfica de los DAA y errores en los propios datos, además de campos parcialmente cumplimentados, como el uso asignado, que no figura en el 50% de los DAA registrados. En consecuencia, el volumen de DAA asignado a cada UPH debe tomarse con la debida precaución.

Asimismo, debe tenerse en cuenta que la interdependencia aludida entre recursos hídricos superficiales y subterráneos implica que las extracciones de recursos subterráneos pueden llegar a afectar, en mayor o menor medida, a los recursos hídricos superficiales, al disminuir los volúmenes aflorados. Y, por su parte, las extracciones de recursos superficiales disminuyen la recarga de los acuíferos a través del subálveo y, por ende, la oferta de recursos subterráneos.

Para poder evaluar y cuantificar esta interdependencia entre recursos superficiales y subterráneos, resulta necesario contar con sendas redes de estaciones, fluviométrica y piezométrica, con densidad suficiente y con una serie continua de registros que permitan a medio y largo plazo determinar las relaciones entre ambos recursos.

Por otro lado, y a corto plazo, resulta perentorio subsanar las carencias de la base de datos de Derechos de Aprovechamiento de Aguas, registrados en el Catastro Público de Aguas.

4.5. RESUMEN Y CONCLUSIONES

En este capítulo se analizaron los datos registrados por la DGA en el catastro de Derechos de Aprovechamiento de Aguas (DAA), actualizado a julio de 2016, centrando la atención en los derechos de usos consuntivos.

En cuanto a la información propiamente dicha contenida en este catastro cabe hacer los siguientes comentarios:

- El catastro contiene 8.122 registros, caracterizados por diferentes campos, entre los que se han destacado para este análisis los referentes a la ubicación del derecho de uso (coordenadas de la captación, subcuenca, comuna), y los que definen el propio derecho (uso del derecho, naturaleza del agua, caudales otorgados).
- La información contenida en el CPA presenta vacíos o inconsistencias, principalmente respecto a los puntos de extracción de los derechos de aprovechamiento. Para efectos del presente análisis, tampoco se consigna mayormente el destino de las aguas extraídas, ya que esta información no se requiere para el otorgamiento de los DAA.
- Para el análisis realizado, la distribución espacial de los DAA se realizó en base a las coordenadas de la captación, complementándolas, cuando no existen, con la comuna y la subcuenca registradas.

- El volumen total de DAA consuntivos asciende a 16.818 hm³/año, de los que 8.481 hm³/año (el 50% del total) no tienen uso asignado y 8.135 hm³/año (48%) son de riego; el resto es mayoritariamente para usos de agua potable (153 hm³/año) e industrial (18 hm³/año); otros usos (25 hm³/año) y piscicultura (7 hm³/año) completan el volumen consuntivo.
- El porcentaje de DAA con uso para riego es próximo al 100% en casi todas las UPH, con la excepción de la UPH-1. Lago Vichuquén, en la que el riego supone el 66% y el agua potable el 34%, y la UPH-4. Costeras Mataquito-Maule, con un 85% y un 15%, respectivamente. En términos absolutos, el volumen de estas dos UPH es muy poco significativo: sus DAA apenas suman 23 hm³/año, frente a los 7.400 hm³/año de los DAA con usos superficiales que suponen todas las UPH.
- No ocurre lo mismo con los derechos de aguas subterráneas, en los que el porcentaje de uso para agua potable aumenta notablemente respecto al riego, llegando a ser mayoritario en la UPH-1, con un 72% de los derechos con uso frente al 28% con uso para riego. En la Cuenca Alta del Mataquito (UPH-2), con un volumen otorgado de casi 290 hm³/año, el 11% es para agua potable y el 88% para riego, mientras que en la Cuenca Media y Baja del Maule (UPH-6) el agua potable supone el 32% de los 172 hm³/año otorgados y el riego, el 60%.
- La evolución del volumen de derechos consuntivos otorgado ha experimentado un fuerte crecimiento desde el año 1981, cuando los DAA de usos consuntivos apenas superaban los 2.000 hm³/año, hasta julio de 2016. El mayor incremente se produjo entre los años 1995 y 1998, cuando el volumen pasó de unos 5.600 hm³/año a 10.000 hm³/año.
- En base a los datos de demandas actuales, en las que el 96% está destinada al riego, se ha repartido el volumen sin asignar uso (8.481 hm³/año) de manera que el riego pase de representar el 48% a 96% del total de volumen consuntivo (16.107 hm³/año).

- En cuanto a la naturaleza del agua otorgada, es mayoritariamente superficial, sumando ésta 14.594 hm³/año (88% del total de los DAA consuntivos) frente a los 1.969 hm³/año de la subterránea (12%).
- Respecto a la distribución mensual de los derechos, se observa cierta variabilidad en la distribución de los volúmenes otorgados de DAA superficiales, con un descenso acusado en los meses de verano (enero a marzo), que obedece a la limitación del otorgamiento de derechos de riego en los meses de menor caudal fluyente. Los DAA con ejercicio del derecho discontinuo se otorgan de tal forma que, generalmente, disponen de un mayor caudal en los meses de otoño a primavera, cuando los recursos superficiales son más abundantes. Los volúmenes otorgados de DAA subterráneas no presentan mayor variabilidad que la derivada del mayor o menor número de días de cada mes (los caudales otorgados son constantes a lo del año).
- Finalmente, se ha comparado el volumen de DAA con las demandas actuales recogidas en el Capítulo 3, discriminando entre superficiales y subterráneas, resultando unos volúmenes de DAA consuntivos triple que las demandas.
- Aplicando a los DAA los mismos factores de uso que se han considerado para estimar las demandas actuales, el volumen de los DAA asciende a unos 5.100 hm³/año, algo por debajo de los aproximadamente 5.800 hm³/año que suman las demandas; los DAA de aguas subterráneas (684 hm³/año aplicando estos factores de uso) son muy similares a los 705 hm³/año de las extracciones de pozos contabilizadas. Al nivel de Unidad de Planificación Hídrica las diferencias son muy acusadas en algunas de ellas, lo que sugiere que la asignación realizada de los DAA a las diferentes UPH no ha resultado todo lo satisfactorio que hubiera sido deseable.
- En cuanto a la disponibilidad hídrica, el análisis corregido incorporando los derechos de aprovechamiento de aguas no consuntivos, a las reservas establecidas para el caudal ecológico y los derechos consuntivos ya establecidos, concluye que no existe disponibilidad para otorgar nuevos derechos consuntivos.

- La disponibilidad de recursos para nuevos DAA subterráneas es, en la Región, de algo más de 1.100 hm³/año, un 36% de la recarga media anual. No obstante, hay que destacar la UPH-2 Cuenca Alta del Mataquito, donde se localiza el acuífero Teno-Lontué, declarado en marzo de 2015 Área de Restricción, en la que apenas se dispone del 10% de los recursos sustentables para nuevos DAA. Y el acuífero Belco-Arenal, en la UPH-7 Cuenca del Perquilauquén, que también fue declarado Área de Restricción, pero que su escasa disponibilidad actual (menos del 8% de su recarga renovable) queda enmascarada por la disponibilidad del conjunto de la UPH-7, que alcanza casi el 50% de la recarga media anual de los acuíferos presentes en esta unidad.
- Por último, resaltar de nuevo la necesidad de realizar una exhaustiva comprobación de los datos que figuran en el catastro de Derechos de Aprovechamiento de Aguas ofrecido por la DGA, corrigiendo las deficiencias arriba señaladas y completando adecuadamente los diferentes campos que los integran.

5. DIAGNÓSTICO DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA

5.1. INTRODUCCIÓN

El presente diagnóstico de infraestructura hidráulica se refiere al análisis de la infraestructura en dos aspectos diferentes:

a) Capacidad y cobertura, dentro de este punto el análisis se divide en:
- Diagnóstico de las obras de regulación, riego, recolección y tratamiento.
- Diagnóstico de la Red Hidrometeorológica de la Región, incluidas estaciones no pertenecientes a la DGA.

b) Conservación de la Infraestructura Hidráulica y de Protección de inundaciones y crecidas, cuyos puntos fundamentales son:
- Diagnóstico de obras de defensa fluviales (lo que se complementa en el Capítulo 8)
- Diagnóstico de la situación de control de aguas lluvia
- Diagnóstico de la situación de alerta de crecidas.

Para una mayor sintonización d[i]e la información el capítulo está dividido con la siguiente estructura:

- Infraestructuras de acumulación y regulación
- Infraestructuras de riego
- Infraestructuras de tratamiento de aguas
- Red Hidrométrica de la DGA
- Red Hidrométrica de Otros organismos
- Defensas Fluviales
- Control de Aguas Lluvia
- Red de Alerta de Crecidas

Tanto por su cantidad como por su importancia en efectos de planificación, Obras de Acumulación e Infraestructuras de Riego –canales y bocatomas–, toman un peso importante en el informe al igual que la Red Hidrométrica,

siendo el mantenimiento de la misma una de las funciones básicas de la DGA.

En este capítulo se analiza la infraestructura de riego que se encuentra en la Región del Maule, agrupándolas en tres cuencas:

- Cuenca del Río Maule.
- Cuenca del Río Mataquito.
- Cuencas Costeras.

Las zonas de riego de la cuenca del río Maule abarca desde el río Claro por el norte, hasta el río Ñiquén por el sur y desde los contrafuertes Andinos hasta la Cordillera de la Costa. La superficie total regable en la cuenca del Maule es del orden de las 500.000 ha y en la región del orden de 650.000 ha, aunque la superficie efectivamente regada es bastante menor, poco más de 300.000 ha a nivel regional.

Los principales sistemas de regadío son: Sistema Maule, Sistema Pencahue, Sistema Canal Melozal, Sistema Melado, Sistema Bullileo-Longaví, Sistema Digua y Sistema Tutuvén.

En cuanto a la cuenca del Mataquito, el área abastecida de riego es del orden de 81.000 ha en el subsector Lontué, 19.000 ha en el subsector Mataquito y de 50.000 ha en el subsector Teno.

En la región, la superficie de riego es del orden de las 325.000 ha, de las cuales se riega gravitacionalmente el 97.9%, con microrriego el 1,1 % y con riego mecanizado mayor sólo el 1,0%.

En función de dichos antecedentes y asignando los siguientes valores de eficiencia de riego por sistema, donde gravitacional: 35%, macrorriego tecnificado: 70% y mícrorriego: 85%, es posible estimar las eficiencias de riego por cuencas o por sectores. Así se tiene:

- Sector Cuenca del Río Maule 36%
- Sector Cuenca del Río Mataquito 37%
- Sector Cuencas Costeras (Provincia de Cauquenes) 41%

5.2. OBRAS DE REGULACIÓN

5.2.1. Lagunas Naturales y Embalses

A continuación se relacionan los embalses mayores presentes en la Región, entrando en esta categoría aquéllos con una capacidad mayor a 5 hm^3 o una altura de muro superior a 5 metros.

- **Embalse Planchón.** Embalse mayor ubicado en la cabecera del río Malo, comuna de Romeral. Capacidad máxima de 73 hm^3 y una recarga anual de 64 hm^3. Embalse de uso único para riego con una altura máxima de muro de 15 metros. Pertenece a la asociación de Canalistas del río Teno.
- **Laguna Invernada (Presa Cipreses).** Embalse mayor ubicado en la comuna de San Clemente en el Río Cipreses. Obra terminada en 1958 para Endesa con el propósito único de generación eléctrica. La presa es de tierra con una altura máxima de muro de 11,74 m. Embalse tiene una capacidad máxima de 174 hm^3 y dispone de vertedero no controlado.
- **Laguna del Maule.** Se ubica en la comuna de San Clemente a 7 km de la frontera con Argentina. La operación de este embalse está dividida en regulación para riego y generación eléctrica. Permite regular la cuenca alta del Río Maule. Su uso es para generación de energía eléctrica, con un volumen de 1.416 hm^3, está regulado según el convenio entre ENDESA y la Dirección de Riego de 1947.
- **Embalse Melado.** Embalse mayor ubicado en la comuna de Colbún en el Río Melado. Embalse en propiedad de Pehuenche S.A. para uso de generación de energía eléctrica. La capacidad máxima del embalse son 35 hm^3. Embalse con muro de presa de tierra con núcleo central. Vertedero con 3 puertas y una capacidad de vertido de 3.500 m^3/s.
- **Embalse Colbún.** Ubicado en el Río Maule medio, su uso es de generación eléctrica mediante dos generadoras de turbina Francis. Su capacidad máxima es de 1.550 hm^3.

- **Embalse Digua.** Se sitúa en la cuenca Perquilauquen sobre el Río Cato, 30 km al oriente de la ciudad de Parral. Tiene una capacidad máxima de 225 hm^3 y riega una superficie aproximada de 35.000 ha. El uso del embalse es para riego, pero existe un proyecto de generación de energía hidroeléctrica, que corresponde a la construcción y operación de una central hidroeléctrica de pasada de 19,98 MW ubicada al pie del Embalse Digua existente. El embalse cuenta con obra de evacuación de crecidas como vertedero en caída libre, con obra de entrega directamente al río Cato.
- **Embalse Tutuvén.** Embalse mayor ubicado al Noroeste de Cauquenes en el Río Tutuvén. Tiene una capacidad máxima de 22 hm^3 y está formado por dos muros, el primero cierra el valle del Río Tutuvén y el segundo cierra un portezuelo lateral. La altura máxima de muro es de 31,85 metros. Tiene entrega de aguas al canal matriz a través de un sifón que atraviesa bajo el vertedero de descargas de crecidas. La capacidad de este sifón es de 2 m^3/s.
- **Embalse Bullileo.** Embalse mayor ubicado en la comuna de Parral en el sistema Bullileo-Longaví, tomando aguas del mismo Río Longaví. Su capacidad máxima es de 60 hm^3 para uso exclusivo en proyectos de riego; en estos momentos a espera de la finalización de la construcción de la Central Hidroeléctrica Embalse Bullileo. La altura de la presa está formada por tierra de 73 m de altura máxima que acumula una cuenca de 85 km^2. Según su histórico, el embalse rebasa durante el invierno y se agota al fin de la temporada de riego, por lo tanto, no permite la regulación interanual. La descarga se efectúa a través de un túnel de 710 metros de longitud y se realiza por medio de un sistema de 5 válvulas, compuesto cada sistema de una válvula de compuerta de cierre total y una de aguja para el cierre parcial. El accionamiento de las válvulas en servicio es manual y la presión o carga máxima sobre las válvulas, alcanza los 75 metros de columna de agua.
- **Embalse Ancoa.** Las obras de embalsamiento se localizan al interior del Valle del Río Ancoa, en el inicio de la cuenca a la altura del túnel Melado. El volumen útil de almacenamiento de agua proyectado es de

80 hm^3. La operación de la central hidroeléctrica funciona con el ingreso de 26 m^3/s de agua desde el embalse Ancoa a las turbinas ubicadas en la sala de máquinas de la central, la potencia instalada de la central es de 27 MW.

- **Embalse Machicura.** Embalse mayor ubicado en la comuna de Colbún correspondiente a las aguas del Río Maule. Embalse con doble uso, riego y generación, tiene una capacidad máxima de 55 hm^3. El vertedero controlado tiene una capacidad máxima de descarga de 280 m^3/s y una turbina con dos generadores de tipo Kaplan para 95 MW de potencia.

En las tablas siguientes se recogen las características de estos embalses, así como la de las principales centrales hidroeléctricas de la Región.

Tabla 5-1 Relación de embalses en la Región del Maule distribuidos por UPH

UPH	Subcuencas Planificación	Río	Embalses y Lagunas	Uso	Altura (m)	Superficie Regable (ha)	Capacidad (hm^3)	Año construcción
2	Cuenca Alta del Mataquito	Río Teno	Planchón	Riego	15,00	35.500	73,00	1952/76
5	Cuenca Alta del Maule	Río Maule Alto (hasta antes junta Río Melado)	Laguna Invernada	Generación	11,74		174,00	1957
			Laguna del Maule	Riego y Generación	28,15	150.000 200.000	1.420,00	
		Río Melado	Melado	Generación	90,00		134,00	
6	Cuenca Media y Baja del Maule	Río Maule Medio entre ríos Melado y Loncomilla	Colbún	Generación			1.550,00	
7	Cuenca del Perquilauquén	Río Catillo (Perquilauquen Alto)	Digua	Riego	78,77	35.000 36.960	225,00	1968
		Río Tutuvén (Cauquenes)	Tutuvén	Riego	35,85	2.500 2.160	22,00	1951
8	Cuenca del Loncomilla	Río Bullileo	Bullileo	Riego	73,00	25.000 36.000	60,00	1948
		Río Ancoa	Ancoa	Riego		37.000	79,00	2012
		Rio Caballo Blanco	Machicura	Generación	32,00		55,00	1985
TOTAL (hm^3)							**3.792**	

Fuente: Informe DGA Reg. Maule. Estado de Embalse al 16/08/2016

5.2.2. Caracterización Hidroeléctrica en la Región

La energía Hidroeléctrica a nivel nacional responde al 50% de la producción, según la capacidad instala del total del Sistema Interconectado Central (SIC). En la Región, la producción instalada en centrales tipo embalse representa el 30,8% del nacional, en cambio la cifra respecto a centrales de pasada es menos significativo (12,5 %). Es interesante el aporte regional en las Energías Renovables no Convencionales, siendo un cuarto de la producción minihidro instalada en territorio nacional.

En la Tabla 5-2 se detallan las centrales hidroeléctricas a nivel regional.

A este contexto actual se debe añadir los proyectos en construcción o estudio. De los cuales, la central Los Cóndores está en proceso de construcción. En la Tabla 5-2 se detallan las características en las futuras centrales.

Tabla 5-2 Centrales Hidroeléctricas en La Región

UPH	Nombre	Referencia	Comuna	Tipo De Central	Propietario	Año puesta en servicio	Potencia (Kw)	N º Turbinas	Tipo de Turbinas	Altura de Caída (m)	Gasto Central (M³S)
5	Cipreses	Laguna Invernada	San Clemente	Embalse	ENEL	1955	101.400	3	Peltón	349,5	36,4
	Curillinque		San Clemente	Pehuenche	PEHUENCHE S.A. (ENEL)	1993	85.000	1	Francis	114,3	84,0
	Isla		San Clemente	Pasada	ENEL	1963-1964	68.000	2	Francis	92,0	84,0
	Loma Alta		San Clemente	Pasada	PEHUENCHE S.A. (ENELO	1997	38.000	1	Francis	50,4	84,0
	Los Hierros I y II	Canal Melado	Linares	Pasada	BESALCO ENERGÍA	2014	31.000				
	Mch Dosal	Estero Quete Quete	Curicó	Pasada	DOSAL HNOS. Y CIA. LTDA.	2015	270			7,0	5,0
	Ojos De Agua	Valle Del Río Cipreses	San Clemente	Pasada	ENEL	2008	9.000	1	Francis	71,5	13,3

Tabla 5-2 Centrales Hidroeléctricas en La Región

UPH	Nombre	Referencia	Comuna	Tipo De Central	Propietario	Año puesta en servicio	Potencia (Kw)	N º Turbinas	Tipo de Turbinas	Altura de Caída (m)	Gasto Central (M³S)
6	Chiburgo	Canal Maule Sur	Colbún	Pasada	COLBÚN S.A	2007	19.000	2	Francis		20,0
	Lircay	Canal Maule Norte Bajo	San Clemente	Pasada	HIDROMAULE	2008	19.000	2	Francis		25,0
	Mariposas	Canal Maule Norte Bajo	San Clemente	Pasada	HIDROMAULE	2011	6.000	1	Andritz Vatech Tipo Cat		20,0
	Pehuenche	Embalse Melado	San Clemente	Embalse	PEHUENCHE S.A. (ENEL)	1991	38.000	2	Francis	206,0	300,0
	Providencia	Canal Maule Norte Bajo	San Clemente	Pasada	HIDROMAULE	2013	14.000	2	Andritz Y Vatech Tipo Cat		28,0
	Purísima	Canal Purísima-Concepción	Molina	Pasada	ENERBOSCH S.A.	2012	600			10,0	6,0
	San Clemente	Embalse Colbún	San Clemente	Pasada	COLBÚN S.A	2010	5.000	1	Francis	35,0	

Tabla 5-2 Centrales Hidroeléctricas en La Región

UPH	Nombre	Referencia	Comuna	Tipo De Central	Propietario	Año puesta en servicio	Potencia (Kw)	N º Turbinas	Tipo de Turbinas	Altura de Caída (m)	Gasto Central (M^3S)
6	San Ignaci	Embalse Colbún	Yerbas Buenas	Pasada	COLBÚN S.A	1996	37.000	1	Kaplan	21,0	194,0
	Colbún	Embalse Colbún	Colbún	Embalse	COLBÚN S.A	1985	400.000	2	Francis	168,0	280,0
8	Machicura	Machicura	Colbún	Embalse	COLBÚN S.A	1985	90.000	2	Kaplan	37,0	280,0
	Roblería	Túnel Melado	Linares	Pasada	ROBLERIA LTDA.	2013					4,0

Fuente: Ministerio de Energía, datos actualizados a diciembre 2015

Tabla 5-3 Proyectos hidroeléctricos en construcción en la región del Maule

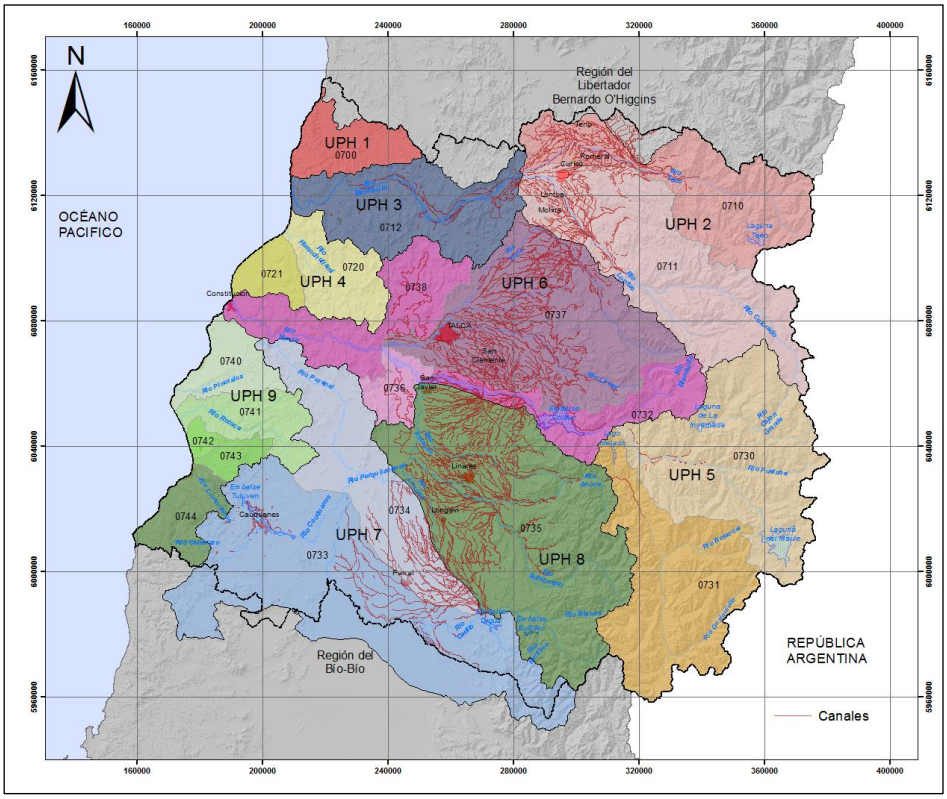
Proyecto	Propietario	Fecha estimada puesta en marcha	Tipo	Potencia [MW]
La Montaña I	VHC	01-05-2015	Hidro - Pasada	3
Río Colorado	GPE - Hidroeléctrica Río Colorado S.A	01-06-2016	Hidro - Pasada	15
Ancoa	GPE	01-06-2016	Hidro - Pasada	27
Los Cóndores	ENEL	01-12-2018	Hidro - Pasada	150
Túnel Melado	Besalco Energía Renovable S.A	2016	Sin Información	3,9

Fuente: Ministerio de Energía, Determinación Del Impacto Del Cambio Climático En El Potencial Esperado De Generación Hidroeléctrica En La Cuenca Del Río Maule Subsecretaría De Energía

5.3. INFRAESTRUCTURA DE RIEGO

La infraestructura de riego en la región es administrada por los usuarios de agua. En la región hay un total aproximado de 8.700 km de canales y derivaciones. La mayor densidad de estas infraestructura de riego se encuentra en los valles de los grandes ríos Maule y Mataquito. En Figura 5-1 se muestra la red de canales en la región.

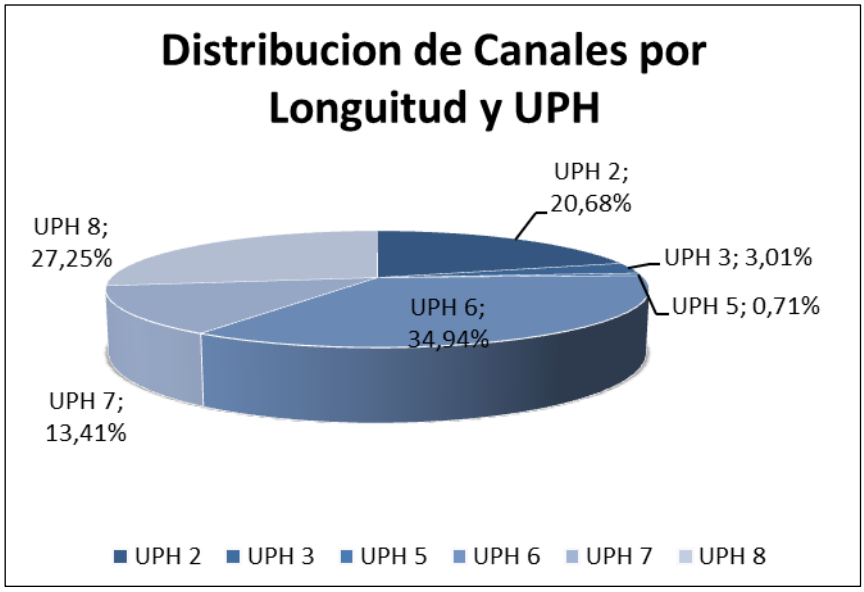
Figura 5-1 Red de Canales Región del Maule



Fuente: Elaboración Propia

La distribución de canales según las Unidades de Planificación Hídrica se presenta en el Gráfico 5-1.

Gráfico 5-1 Distribución de canales en la Región según Longitud.



Fuente: Elaboración propia en base a datos CNR

Tabla 5-4 Principales Canales de la región del Maule

Cuenca	Nombre de la Organización de Usuarios de Aguas	Canales Principales	Sup. de Riego (ha)
MAULE	Junta de Vigilancia del Río Claro (de hecho)	Galpón, Mercedes, Porvenir, Molino, Opazo, San Luis, Canal Cumpeo, Canal Purísima	17.000
	Junta de Vigilancia río Maule (primera sección) Ribera norte	Sta. Rita, Providencia, Mariposas, San Vicente Peumo, Negro, Lircay, Sta. Elena, Sandoval, Huilquelemu, Silva Henriquez, Oriente, Peña Palo Seco, Flor del Llano, Duao Zapata, Colin, Pelarco, Buena Unión.	32.800
	Asociación Maule Norte	Canal Maule Alto, Canal Maule Bajo	54.000
	Asociación Regantes Canal Pencahue	Oriente, Poniente, Las Tizas, Botalcura, San Manuel, Las Doscientes, Lo Figueroa, Quepo	7.500
	Asociación Regantes Canal Melozal	D. Manantiales, D. Vaquería, SD. Peumal, D. Mari Maura	10.000

Tabla 5-4 Principales Canales de la región del Maule

Cuenca	Nombre de la Organización de Usuarios de Aguas	Canales Principales	Sup. de Riego (ha)
	Asociación Maule Sur Ltda.	Matriz Maule Sur, 1 Sur, Guiones, Cunaco	24.800
	Junta de Vigilancia Río Maule (primera sección) Ribera sur	Olivar San Ignacio, Guiones, San Pablo, Romero, Cunaco, Esperanza Sur, Gatica, Cerda, El molino y La Unión	30.000
	Junta de Vigilancia del Río Ancoa	Alamos, Lamas, Encina-Monja, Letelíer, Panda, La Cañada	10.000
	Asociación Canal Melado	Longaví Melado, Rabones, Matanza, Casablanca, Maitenes	13.500
	Junta Vigilancia Río Achibueno Primera Sección y Junta Vigilancia Río Achibueno Segunda Sección	Canal Bodega, Canal Tapia Vásquez , Canal Huapi y puntilla, Castro, Quiñe, Fósforo, Canal Ulises , Canal San Gabriel de la Aguada. San Luis, El Almendro, Cuarta Mesamavida,	13.000
	Junta de Vigilancia del Río Putagán y Sistema Putagán	Canal Melozal, canal Viznaga Leiva, canal Putagan derivados: Matriz, D. Maica, D. Palmilla	4.700
	Junta de Vigilancia del Río Longaví Primera Sección y Junta de Vigilancia del Río Longaví Segunda Sección (de hecho)	Quinta Alto A, San jasé. Quinta Alto B, San Marcos, San Nicolás, Robles Nuevos, La Tercera, La Sexta, Robles Viejos, Quinta Abajo, Nogales-Molinos, San Ignacio, Copihue, Retiro, Maitenes-Cuñao, Primera Abajo	18.500
	Organización de Usuarios Embalse Digua	Derivado 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15, 16, Perquilauquén Fiscal	21.000
	Asociación de Regantes Embalse Tutuvén	Rosal, Canal Rosal Alto y Bajo, Boldo, Cauquenes, Tutuvén Miraflores, Pilén, San Miguel, Tronco	1.710
	Junta de Vigilancia del Río Perquilauquén, Asociación de Canalistas de la Ribera Sur Perquilauquén (de hecho)	Canchiuque, Bucalemu, Méndez, Caro Ibañez, Olave, Urrutia, Santa Fresia, Abarzua & Torres, Ferrada Derivado de Abarzua & T, Pencahue, San Martín,	1.400
MATAQUITO	Asociación Canalistas Río Teno	Huemul, Socavón, Cañada, Quinta, Cornalle e I.de Quilvo	49.173
	Junta de Vigilancia del Río Lontué	Nvo. Los Niches, Viejo Los Niches, Patagua, Los Pobres, Río Seco	24.741

Tabla 5-4 Principales Canales de la región del Maule			
Cuenca	**Nombre de la Organización de Usuarios de Aguas**	**Canales Principales**	**Sup. de Riego (ha)**
	Junta de vigilancia Río Mataquito (de hecho)	Barandica, Peralillo, Idahue, Majadillas, La Huerta, Culenar, Huertino, Nogales	11.182
Total de Superficie de Riego (aproximado)			**345.006**

Fuente: (RH080) Elaboración propia en base al Plan Director de la Cuenca del Río Maule, 2008

5.3.1. Sistema de riego en la cuenca Río Mataquito

La operación de este sistema y de los mecanismos de control y entrega de las aguas de riego, ha sido similar al de la mayoría de las cuencas del Valle Central y de algunos valles transversales.

En el área Teno-Lontué el riego de terrenos cercanos a los ríos resultaba fácil mediante cortos canales, dada la pendiente de las fuentes (entre 0,6 y 1,6%). La necesidad de ganar mayor superficie de riego obligó posteriormente a construir obras con pendientes inferiores a las de los primeros canales, generándose una red de canales primitivos entrecruzados con otros más modernos. Las primeras divisiones de tierra de las grandes haciendas, que tuvieron su origen generalmente, a través del mecanismo de la herencia, establecieron unidades prediales todavía bastante extensas. El agua de riego para estas nuevas unidades era conducida por cauces de alta capacidad que, por lo general, corrían en cursos paralelos. Las divisiones y subdivisiones de tierra posteriores requirieron canales, derivándose muchas obras nuevas de los canales ya existentes, hasta conformar sucesivamente la actual red de canales mayores.

El desarrollo de este sistema sin planificación alguna, dio lugar a una red de canales poco operativa cuyas principales características son:

- Bocatomas ubicadas muy próximas entre sí, para captar caudales destinados a regar áreas distantes.
- Diseño de canales paralelos derivados desde un corto canal matriz.

- Cauces que se cruzan y que en muchos casos (Teno Sur y Lontué), pese al tiempo transcurrido desde su ejecución, cuentan con obras de arte provisorias e ineficientes.

5.3.2. Sistemas de riego en la cuenca del Maule

La cuenca del río Maule presenta 8 sistemas importantes de sectores de riego, a saber:

- Sistemas en la UPH 6:
  - Río Claro
  - Maule
  - Pencahue

- Sistemas en la UPH 7:
  - Digua- Perquilauquén
  - Cauquenes- Tutuvén

- Sistemas en la UPH 8:
  - Melozal
  - Melado
  - Bullileo-Longaví

A continuación se describe cada una de ellas.

5.3.2.1. Sistema Río Claro

Este sistema incluye las zonas de riego ubicadas en la ribera izquierda del río homónimo. El río se ha dividido en dos secciones limitadas por la estación fluviométrica río Claro en Camarico. La ribera derecha posee una superficie de riego de 1.000 ha aproximadamente y la izquierda riega aproximadamente 17.000 ha.

La primera sección, que abastece principalmente al sistema Maule Norte, se divide en 133.000 acciones, de las cuales 100.000 corresponden a derechos

permanentes y 33.000 a acciones de uso eventual destinadas a los canales provenientes del río Lontué.

5.3.2.2. Sistema Maule

Este sistema, después de la construcción del embalse Colbún, se vio afectado por una serie de modificaciones en las vías de conducción del agua. La descripción consecutiva considera la situación posterior al embalse.

Los límites del sistema son los siguientes: río Claro de Talca por el norte, río Putagán por el sur, contrafuertes cordilleranos por el oriente y los ríos Claro de Talca y Loncomilla por el poniente.

Se incluye también dentro de este sistema el área de riego asociada al canal Melozal, canal que se ubica al poniente del río Loncomilla y que capta a través del río Putagán recursos del sistema Maule. El área total abastecida por el sistema es del orden de las 230.000 ha.

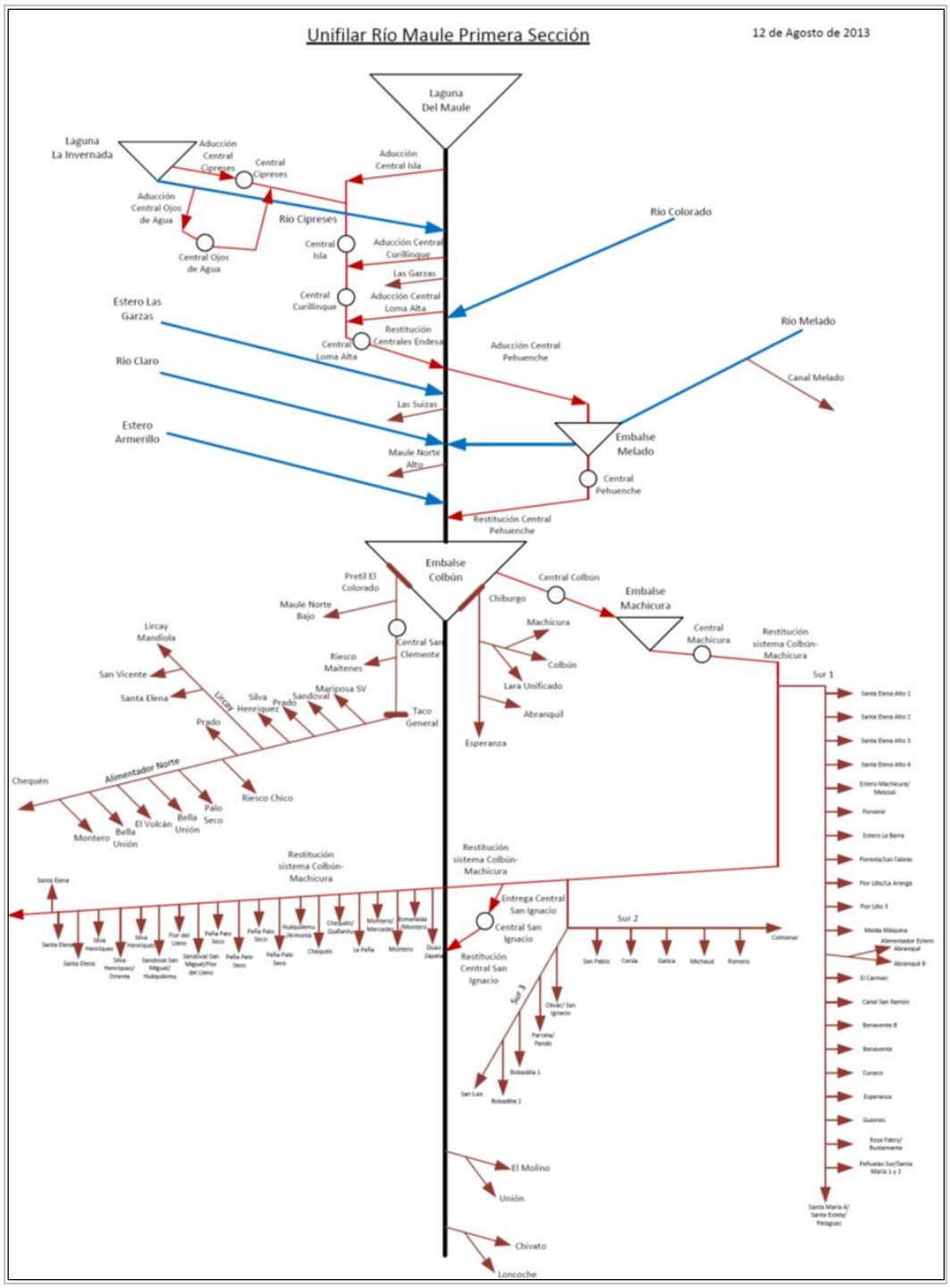
Dentro de las principales obras incluidas en este sector se observan la laguna del Maule, el embalse Colbún, el embalse Machicura, el canal Maule Norte Alto, el canal Maule Norte Bajo, el sistema Maitenes, el canal Maule Sur, el canal Devolución Machicura, el canal San Clemente, el canal Duao-Zapata y el canal Melozal.

La operación del sistema se rige por la Resolución 105 de 1983 de la DGA y por el Convenio Dirección de Riego - Endesa del año 1947.

La laguna del Maule tal como ya fuera señalado, funciona de acuerdo al Convenio, en tanto las entregas para riego del embalse Colbún se rigen por la Resolución 105 de la DGA.

Es importante señalar que este sector recibe aportes del río Lontué que pertenece a la cuenca vecina del río Mataquito, mediante los canales Purísima, Pelarco, Buena Unión y Cumpeo.

Figura 5-2 Esquema unifilar del Maule



Fuente: RH080

5.3.2.3. Sistema Pencahue

Este sistema abastece un área aproximada de 12.400 ha que se ubican en el valle de Pencahue, al poniente del río Claro de Talca.

El sistema se abastece del canal Pencahue, que tiene su captación en la ribera derecha del río Lircay, aguas abajo de la confluencia con la quebrada Arenas. El canal tiene una longitud de 32 Km, una capacidad de 12 m^3/s y sus derechos provienen de la laguna del Maule de acuerdo a la resolución DGA N°677 de 1.985, que le concede derechos de aprovechamiento por 5,3 m^3/s.

5.3.2.4. Sistema Melozal

Este sistema se ubica en la ribera izquierda del río Loncomilla y comprende un área de riego de aproximadamente 9.500 ha.

La bocatoma del canal Melozal se ubica en la ribera sur del río Putagán, aguas abajo de la carretera panamericana. Este canal debe cruzar el río Loncomilla para abastecer este sistema de riego.

Sus recursos provienen de una entrega realizada por el canal de devolución Machicura al estero del mismo nombre, que es afluente al río Rari y este a su vez confluye con el río Putagán.

La capacidad de diseño del canal Melozal es de 7,4 m^3/s, sin embargo en los meses de máxima demanda conduce canales de hasta 9,7 m^3/s.

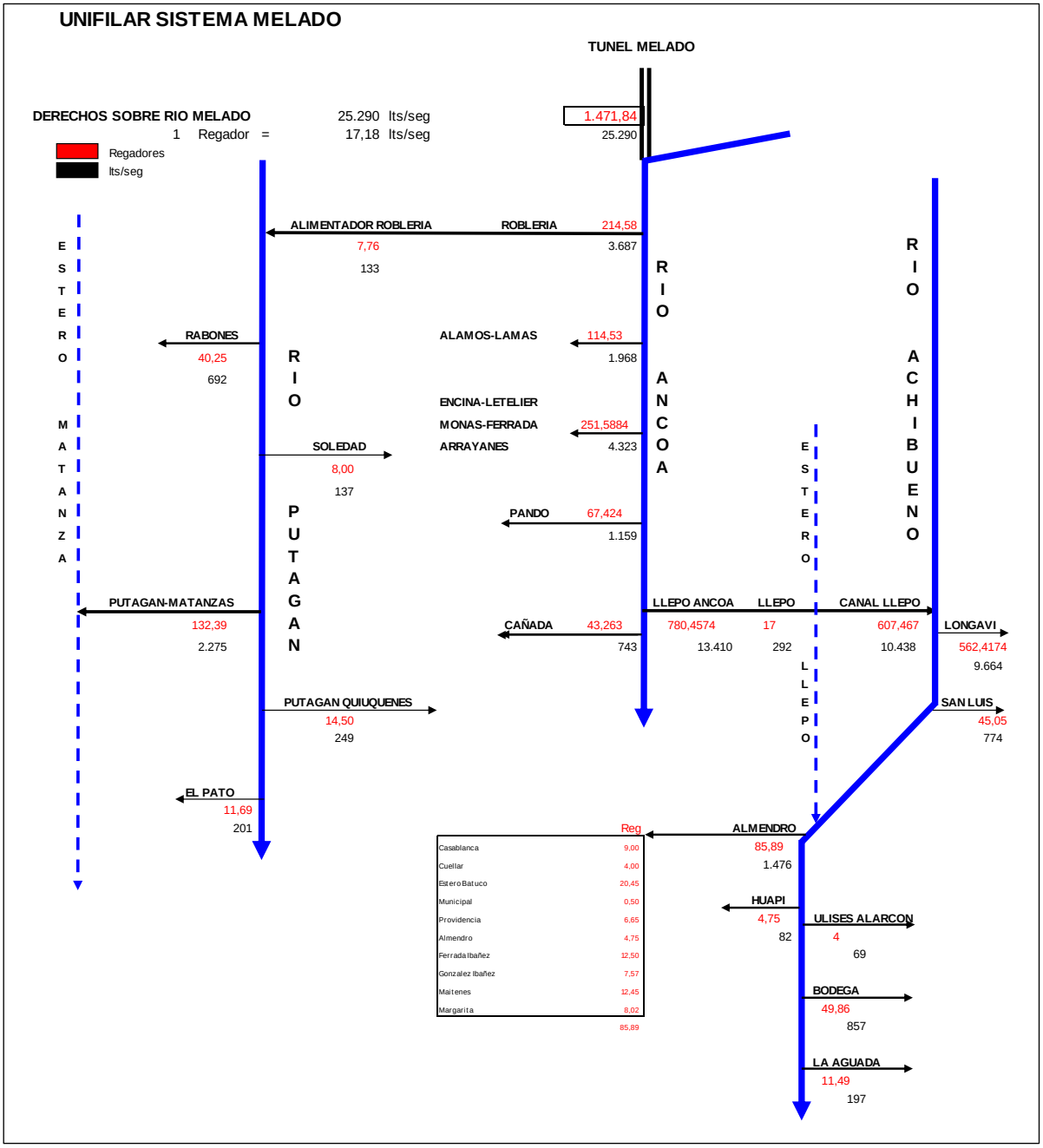
5.3.2.5. Sistema Melado

El sistema Melado tiene un área de riego asociada de aproximadamente 50.000 ha que se extiende entre los ríos Rari, Putagán Ancoa, Achibueno y Longaví.

Casi la totalidad de los recursos del sistema son captados desde el río Melado y conducidos por el canal homónimo de 20 m^3/s de capacidad, hasta el río Ancoa. Esta obra permite extraer aguas del Río Melado (Cuenca del Río Maule) y conducirlas para que sean utilizadas por regantes de las Juntas de

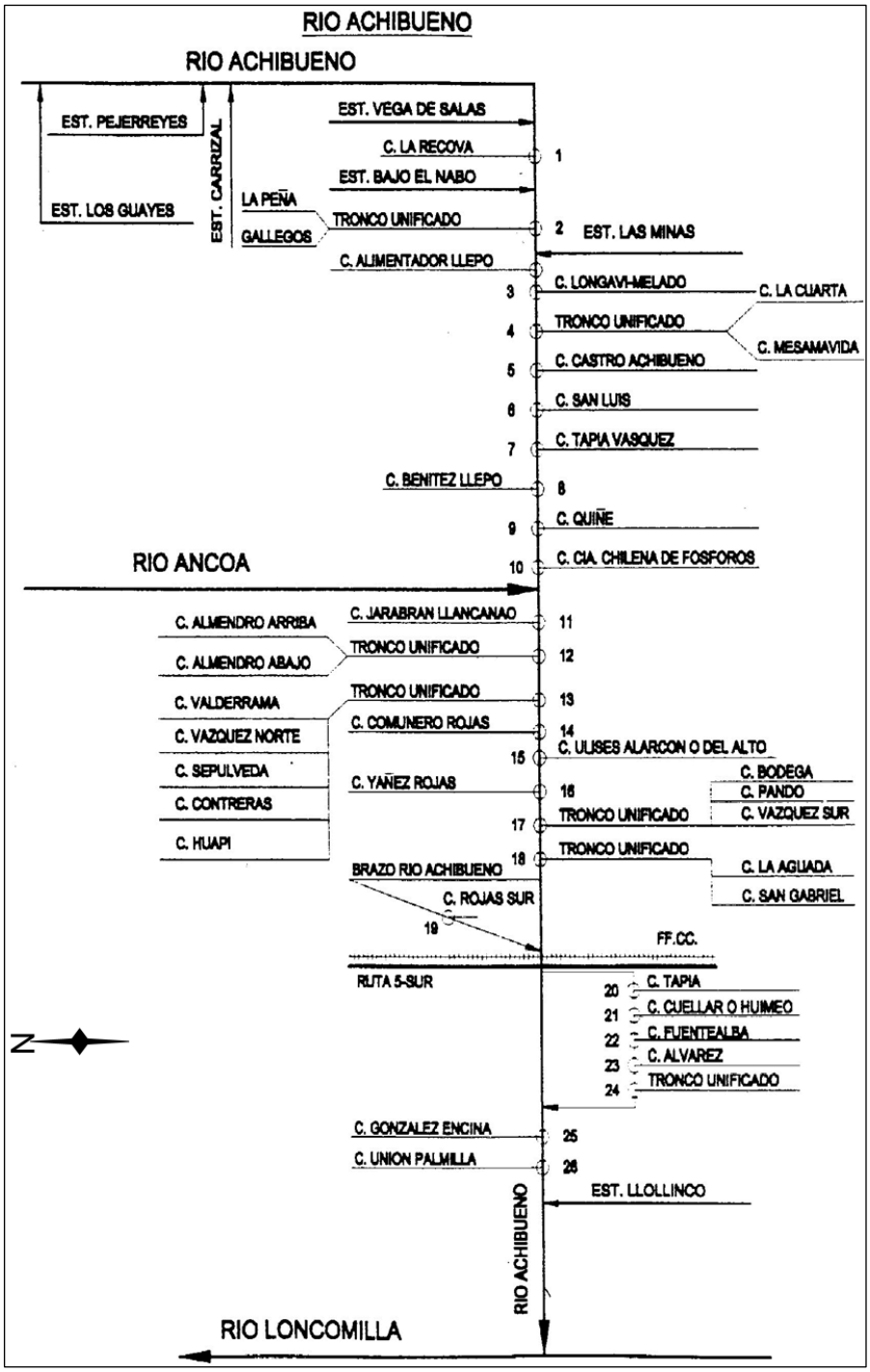
Vigilancia del Río Achibueno, Río Ancoa (Primera Sección), Río Putagán y Longaví.

Figura 5-3 Unifilar sistema Melado



Fuente: Asociación Canalistas Melado

Figura 5-4 Unifilar Río Achibueno



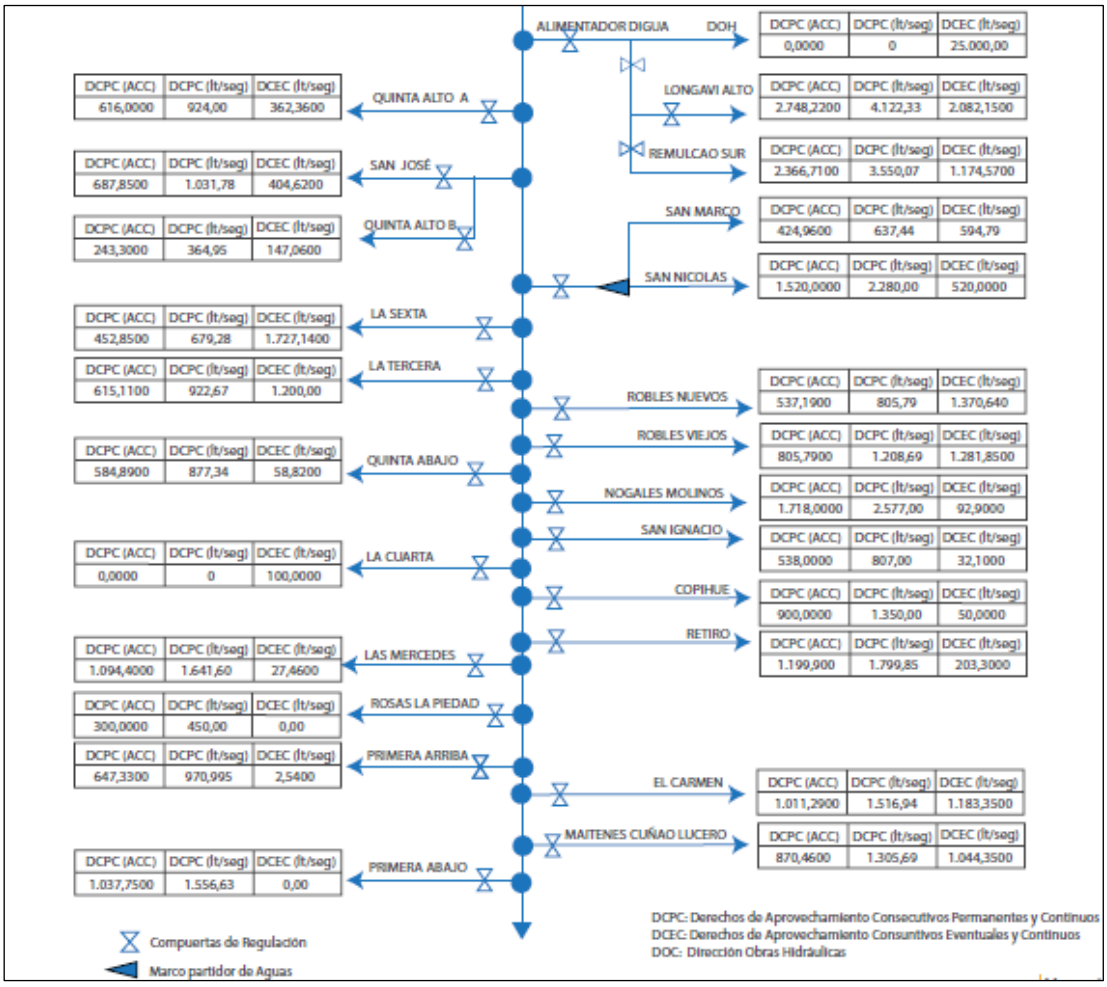
Fuente: IH240"Estudio De Factibilidad Mejoramiento Unificación De Bocatomas Río Achibueno Región Del Maule"

5.3.2.6. Sistema Bullileo-Longaví

Este sistema tiene asociada un área de riego que se ubica entre el río Longaví y el estero Liguay por el norte y el estero Parral por el sur, totalizando una superficie de aproximadamente 25.000 ha.

En el sistema se cuenta el embalse Bullileo que se ubica en el río del mismo nombre, afluente al río Longaví. La capacidad del embalse (60 millones de m³) no permite regulación interanual, rebalsando durante el invierno y agotándose al fin de la temporada de riego, prácticamente todos los años.

Figura 5-5 Unifilar Junta Vigilancia Río Longaví y sus Afluentes



Fuente: (RH 161) Junta de Vigilancia Río Longaví y sus Afluentes, Memoria 2015

5.3.2.7. Sistema Digua-Perquilauquén

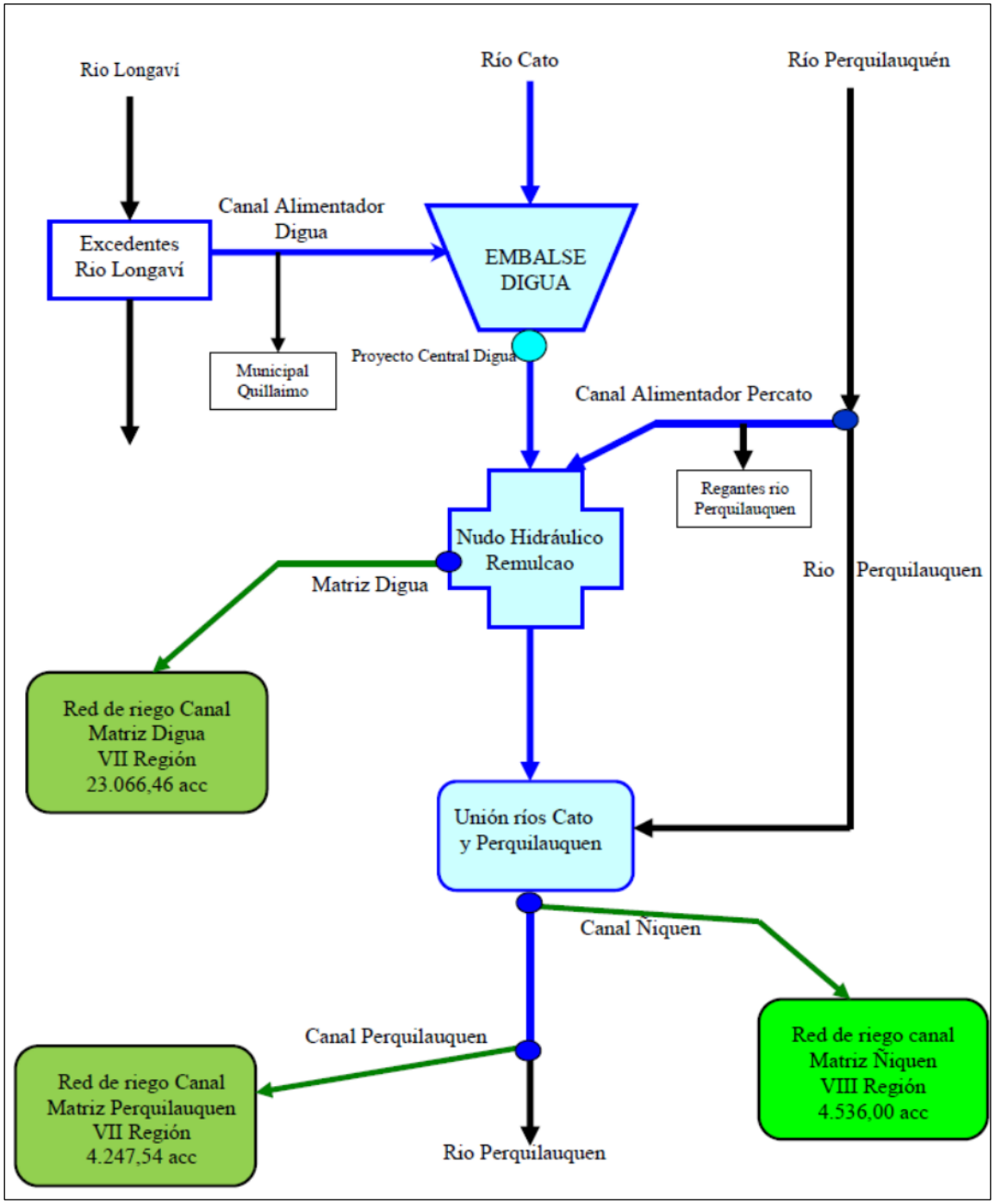
La superficie de riego asociada a este sistema es de aproximadamente 35.000 ha, comprendidas entre el estero Parral y el río Ñiquén.

El sistema utiliza recursos de los ríos Perquilauquén, Cato y Ñiquén, más trasvases del río Longaví al embalse Digua, por medio del Canal Alimentador Digua.

El embalse Digua ubicado en el río Catillo (Cato), es la principal obra de este sistema y cuenta con una capacidad de 220 millones de m³ lo que le permite una regulación estacional.

En la Figura 5-1 , se muestra el esquema de fuentes de los recursos hídricos y se puede observar una de las particularidades del riego en la zona de estudio, donde los recursos hídricos son conducidos de una región a otra. Es el Canal Matriz Ñiquén quien conduce 4.536 acciones las cuales abastecen a usuarios de las Región del Bio Bío.

Figura 5-6 Sistema de Riego Digua, esquema de fuentes de Recurso Hídrico



Fuente: Asociación Canalistas Embalse Digua

5.3.2.8. Sistema Cauquenes-Tutuvén

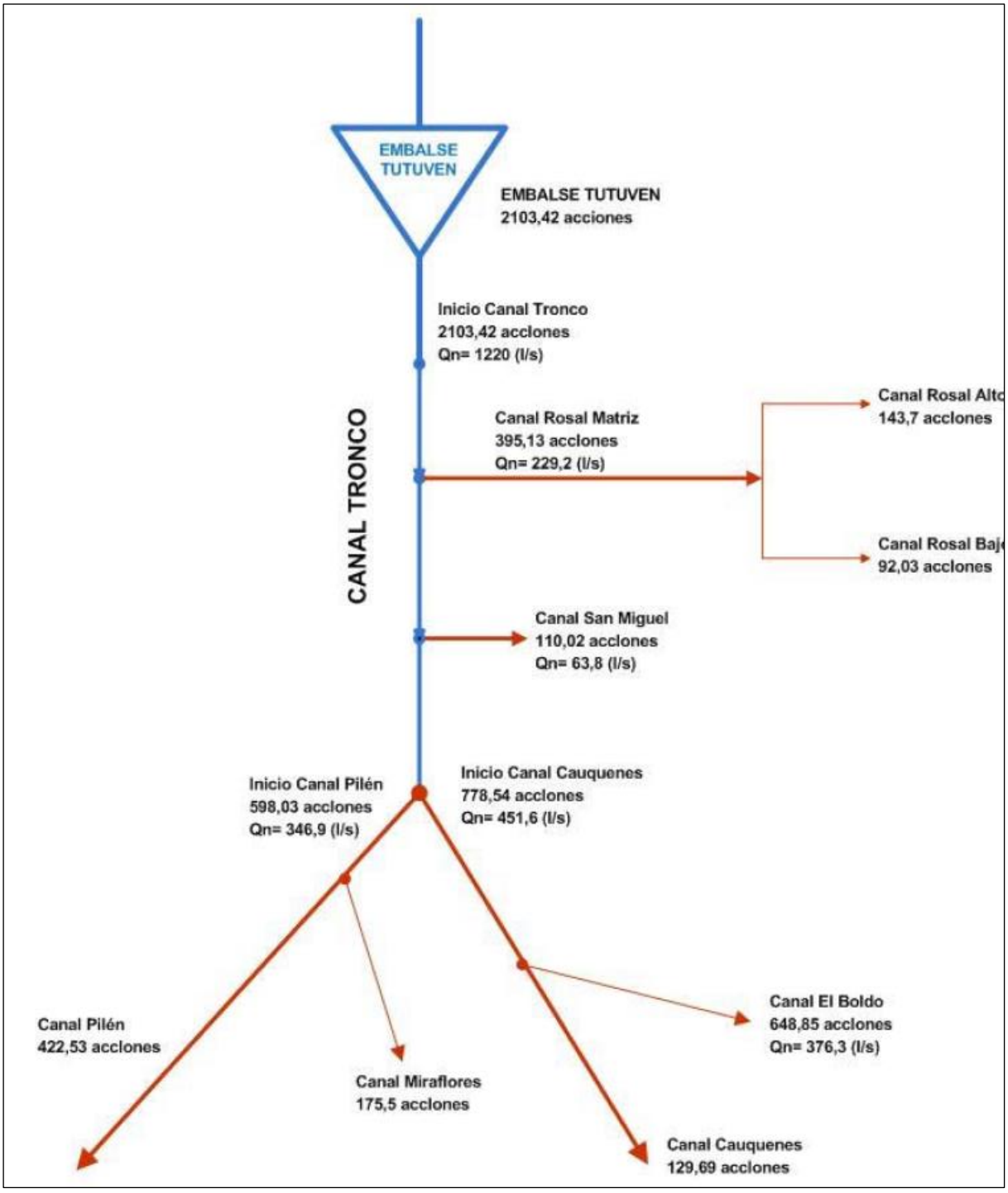
La Asociación de Canalistas del Embalse Tutuvén se encuentra en la Provincia de Cauquenes. Esta agrupa a más de 157 usuarios/as de agua, cuya coordinación gira en torno a los recursos del Embalse Tutuvén, principal obra de regulación de agua de riego en la zona, financiada con recursos estatales por medio del Ministerio de Obras Públicas

Este es un sistema de riego más pequeño que los descritos anteriormente y abastece unas 2.500 ha correspondientes al valle del río Cauquenes. En la actualidad existe un total de 9 canales (72 kilómetros aproximadamente de longitud), que están bajo la administración de la Asociación de Canalistas del Embalse Tutuvén con una dotación total de 2.278,5 acciones a repartir en todo el sistema, en donde durante el año 2008 el Fisco se reservó 175,08 acciones para nuevas asignaciones. Por lo tanto, el número de acciones repartidas a 150 regantes en el sistema de canales corresponde a 2.103,42 acciones.

Parte del sistema es el embalse Tutuvén, que con una capacidad de regulación de 16 millones de m^3 permite entregar hasta 2 m^3/s a través de su sistema de válvulas.

En la Figura 5-7 sigue se muestra el esquema del sistema según la asociación de Canalistas.

Figura 5-7 Unifilar Asociación de Canalistas Embalse Tutuvén



Fuente: DOH. 2006,"Actualización Estudio de Diseño de Obras de Riego Sistema Embalse Tutuvén, VII Región"

5.3.2.9. Cuencas Costeras

En relación a las obras de canales en la cuencas costeras, en los sectores de la desembocadura del río Mataquito y el límite norte de la VI Región, entre las ríos Maule y Mataquito y por último entre la desembocadura del río Maule y el límite regional con la VIII región, no se han detectado sistemas de canales continuos para las diferentes áreas de estas cuencas, tampoco tipos de cultivos que necesiten en forma periódica un sistema de riego, dado que son cuencas que se abastecen solamente en los períodos de lluvias.

5.3.3. Conducciones Principales

Es de consideración para el estudio, las obras que conectan las diferentes UPH mediante canales o túneles transfiriendo los recursos de una subcuencas a otra. Una síntesis de estas conexiones se incluye en la tabla siguiente:

Tabla 5-5 Transporte y/o trasvases de agua por canales entre las UPH o Regiones

Canal	UPH origen	UPH o Región destino	Descripción del origen y destino del transporte
Teno-Chimbarongo	2	Región VI	Margen derecha del río Teno de la cuenca alta del Mataquito aguas arriba de la ruta Nº 5, al río Rapel de la Región VI Libertador Bernardo O´Higgins.
Maule Norte Alto	6	6	Margen derecha del río Maule aguas arriba de la Estación Hidrométrica del río Maule en Armerillo.
Maule Sur	6	8	Margen izquierda del río Maule desde el embalse de Colbún.
Garzas Suizas	5	5	Margen derecha del río Maule aguas arriba de la Estación Hidrométrica del río Maule en Armerillo.
Melado	5	8	Túnel de trasvase desde el río Melado al río Ancoa
Maule Norte Bajo	6	6	Margen derecha del río Maule desde el embalse de Colbún.
Maitén	6	6	Margen derecha del río Maule desde el embalse de Colbún.
Duao Zapata	8	6	Cruce en sifón del río Maule desde su margen izquierda a su margen derecha.
San Clemente	8	6	Cruce en sifón del río Maule desde su margen izquierda a su margen derecha.
Sur 1	6	8	Margen izquierda del río Maule desde el embalse de Colbún, pasando por embalse Machicura
Sur 2	6	8	Margen izquierda del río Maule desde el embalse de

Tabla 5-5 Transporte y/o trasvases de agua por canales entre las UPH o Regiones

Canal	UPH origen	UPH o Región destino	Descripción del origen y destino del transporte
			Colbún, pasando por embalse Machicura
Sur 3	6	8	Margen izquierda del río Maule desde el embalse de Colbún, pasando por embalse Machicura

Fuente: Elaboración propia en base a la bibliografía revisada.

Con más detalle se describen los diferentes sistemas que componen las cuencas de la Región.

5.3.3.1. Conducciones en el Río Teno

En el río Teno hay dos obras de envergadura que afectan directamente al área bajo riego.

En la cabecera del río Malo se encuentra el embalse de Lagunas Planchón a 2.430 m.s.n.m. con una capacidad de 77 millones de m3 y con una posibilidad de recarga anual de 64 Mm³, en un año 50%.

Las actuales obras de toma, muy deterioradas, limitan el gasto que el embalse puede entregar a cifras entre 10 y 5 m³/s, según el volumen de agua existente.

Dentro del área de riego de Teno Norte, ENDESA ha construido el canal Teno -Chimbarongo de 13,6 Km, que vacía sus aguas a un estero que desemboca poco antes del pueblo de Quinta, en el Estero Chimbarongo de la VI Región. Este canal de 65 m³/s de capacidad, está destinado a desviar los excedentes de invierno y primavera desde el río Teno al embalse de Convento Viejo. La estructura de la bocatoma consiste en un muro de hormigón protegido por taludes de enrocados y dispone de 4 compuertas desripiadoras y de descarga, de 4 compuertas de entrega al canal.

Este canal actúa parcialmente como drenaje del área de riego de Teno Norte durante la temporada de riego, cuando los caudales de derrames son superiores a las capacidades de los duetos proyectados para transferirlos sobre el canal de oriente a poniente. Los canales Morales "A", Agustín Cerda,

Aurora de Teno, Cerrillos N° 22 y Quinta, cruzan con acueductos o sifones los diversos ramales de su red que son interceptados por el canal Teno-Chimbarongo. Algunos problemas iniciales que se detectaron por la capacidad de los ductos que atraviesan el canal han sido paulatinamente resueltos por ENDESA en las temporadas 1976-77 Y 1977-78.

Las estructuras medianas que existen en la red de canales, corresponden principalmente a las compuertas posteriores a las bocatomas hechas con muros de contención de piedra de río reforzados con tripodes de troncos (patas de cabras).

Estos muros en las bocatomas deben ser reconstruidos parcial o totalmente al comienzo de cada nueva temporada de riego, después de las crecidas generadas por las lluvias de invierno. De cierta importancia son las obras de compuertas de los canales Laguna, Huemul y Sauce que se han unido y las de los canales Quinta, Graneros, Santa Rosa o Monterilla y Aurora, ubicados en la ribera norte al pie de Cerrillo Verde. En la ribera sur, las obras de torna y las compuertas del canal Cañada son las mayores existentes para canales de riego en el río. Más al poniente se encuentra, siempre por el mismo lado, la bocatoma unificada (en 1977) de los canales Quilvo, Perales, Merino y Donoso. En la ribera norte existen dos zonas de bocatomas de cierta magnitud. La primera corresponde a los canales Comalle, Isla de Quilvo, Rauco y Morales "B" levemente al poniente del puente del F.F.C.C. La segunda corresponde a la bocatoma recientemente unificada de los canales Hacienda de Teno y Punta del Monte.

Por disposición de las autoridades de la provincia de Curicó durante 1977 todas las Asociaciones de Canalistas debieron construir o reconstruir las compuertas de bocatoma de sus canales.

La totalidad de los canales hasta el Maitenal N°1 tienen marcos de aforo, generalmente de barrera triangular o bien su caudal es medido en el primer marco partidor como sucede en los canales Huemul, Cañada, Guindos N°1 y 2, Hacienda de Teno y Punta del Monte. Salvo algunos canales pequeños, los marcos de aforo se encuentran en buen estado. Sin embargo, en varios de ellos sus diseños hidráulicos se calcularon para caudales iguales o

inferiores a 20 L/s/acc por lo que cuando hay agua en abundancia funcionan inadecuadamente ahogándose sobre la grada.

Los marcos partidores de los distintos canales se encuentran, en general, en un estado de mantención muy precario, con serios embanques, muros deteriorados, gradas carcomidas y puntas partidoras corroídas o simplemente inexistentes. Estos defectos son de menor gravedad en los primeros marcos, pero se van acentuando aguas abajo de la red de un mismo canal.

En toda el área existen algo más de 58 embalses nocturnos ubicados casi en su totalidad al oriente del camino longitudinal y principalmente en el sector de los Cerrillos de Teno. Hay un embalse de importancia en el Fundo Guaico Tres que además de recolectar aguas de invierno, se alimenta desde el canal Socavón y desde canales cuyas bocatomas se encuentran en el curso superior del Estero El Guaiquillo.

En resumen la cuenca del Río Teno tiene un total de 924 Km de conducciones principales y secundarias. Los usuarios del río Teno se encuentran organizados en una asociación de canalistas, denominada "Asociación de Canalistas del Río Teno". Según el Catastros de Usuarios realizado por REG (1982)[1], el Río Teno se encuentra dividido en 3.549 acciones repartidas entre los canales que se encuentran bajo su tuición. En la tabla siguiente se detallan los principales canales asociados al Río Teno con un total de 367 km de red primaria.

[1] DGA1982. "Estudio de actualización de catastro de usuarios para regularización de derechos de aguas en la hoya del río Teno, VII región"

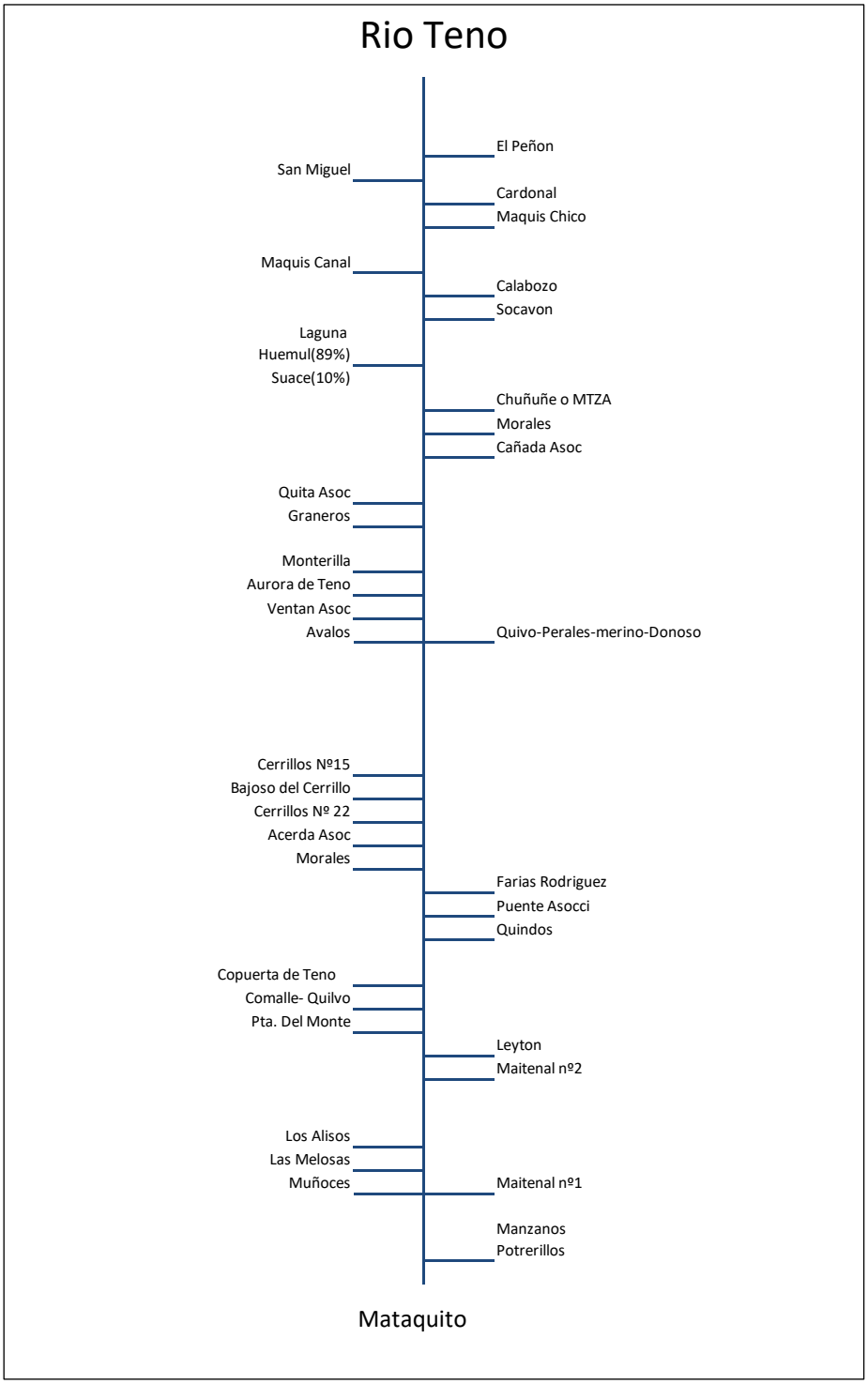
Tabla 5-6 Canales Principales del Río Teno		
Canal	**Acciones**	**Longitud (m)**
Ribera Derecha		19.136
Aurora de Teno	60,00	2.018
Avalos	2,50	2.584
Bajos del Cerrillo	3,50	1.452
Bellavista	20,00	6.897
Cerrillos Nº 22	52,00	1.543
Cerrillos Nº15	4,00	10.738
Comalle- Quilvo	206,60	5.895
Compuerta de Teno	135,00	40.485
Laguna – Huemul (89%)- Sauce (10%)	303,00	7.162
Las Melosas	25,00	
Monterilla	48,00	
Moreno Asoc.	93,00	4.776
Muñoces	1,00	247
Pta. Del Monte	30,00	18.270
Quinta Asoc-Graneros	412,00	12.061
Rauco	40,00	20.000
San Miguel	40,00	8.642
Ventana Asoc	158,50	32.453
Ribera izquierda		21.213
Agustin_Cerda	100,72	18.158
Calabozo	20,20	11.896
Cañada Asoc	713,20	24.410
Cardonal	9,00	1.443
Chuñuñe o Mtza	120,00	18.430
Duraznito	-	5.358
El Peñon	20,00	2.782
Farías Rodríguez	21,00	3.019

Tabla 5-6 Canales Principales del Río Teno		
Canal	**Acciones**	**Longitud (m)**
Estero-Guaquillo	-	3.002
Estero-Tilucura	-	1.452
Fundo_Mercedes	-	9.410
Palmina	2,00	2.018
Leyton	20,00	4.584
Los Alisos	54,50	3.234
Maitenal nº1	15,00	11.692
Maitenal nº2	26,00	13.642
Maquis Grande	154,00	4.673
Maquis Chico	14,20	2.064
Morales	24,78	542
Potrerillos	14,00	8.807
Puente Asoc	24,00	562
Q. Quete y Boldo	44,50	27.971
Guindos	98,50	
Quilvo-Perales-Merino-Donoso	199,00	19.136
Socavon	222,30	2.018

Fuente: (IH005) & (IH150) CNR, 2011, Estudio de Prefactibilidad Mejoramiento del Riego de la Cuenca del Río Teno, Región del Maule.

El canal Teno-Chimbarongo obtuvo los derechos de aprovechamiento originalmente por la Dirección de Riego-MOP. Según consta en 1995 los derechos fueron otorgados a la empresa ENDESA S.A. (ENEL actualmente), a partir del convenio establecido con la Dirección de Riego-MOP. Estos derechos son consuntivos y de ejercicio eventual continuo, para la producción de energía en la Central Rapel, con un caudal equivalente a 11 m^3/s de gasto anual.

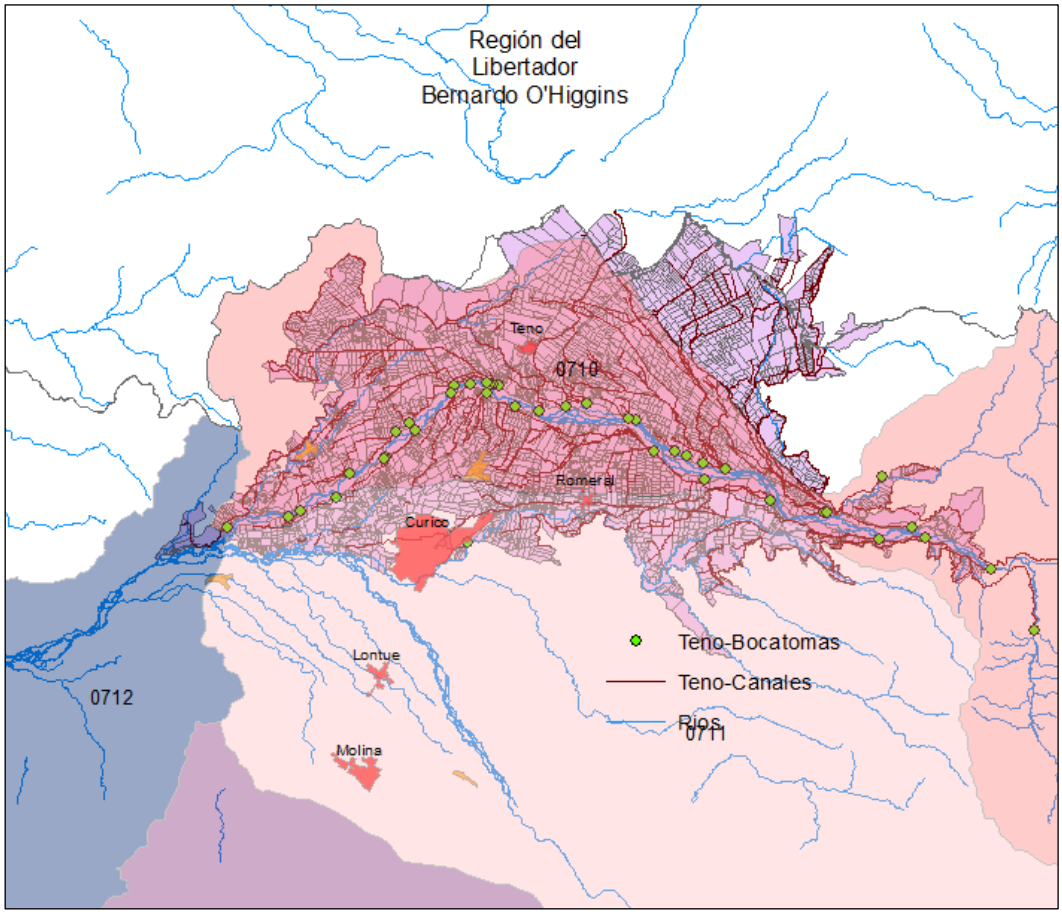
Figura 5-8 Unifilar Río Teno



Fuente: (IH006) Dirección General de Aguas 1985 "Catastros de Usuarios de Aguas, VII Región"

En el Río Teno se constituyen 44 bocatomas que toman recursos directamente del Río Teno. En la Figura 5-9 se presentan las bocatomas según los canales adheridos.

Figura 5-9 Ubicación de Bocatomas en el Río Teno



Fuente: Documentación Ofrecida por CNR, Junio 2016

En el Anexo 5-1 se presentan las coordenadas correspondientes.

5.3.3.2. Conducciones en el Río Lontué

En el área de riego ubicada al sur-poniente del río Lontué existen tres cauces. El primero es el estero Pirhuín, respecto al cual una Asociación de Canalistas controla la distribución del caudal de las 4,08 acciones que tiene sobre el río Lontué. Además, capta agua desde derrames y recuperaciones de la napa freática. El área regada alcanza las 125 ha.

El segundo cauce es el estero Río Seco o Hualemo que nace unos 9 Km al oriente de Lontué y desemboca en el río al poniente de Lo Valdivia. Para la distribución del caudal existe una Junta de Vigilancia que tiene tuición sobre los 21 canales, donde se reparten las 4.986 acciones en que se divide el caudal. Este está formado principalmente por las aguas correspondientes a las 14 acciones que tiene sobre el río Lontué y por los derrames y recuperaciones de la napa freática natural.

Tabla 5-7 Canales principales distribuidos por el Río Lontué

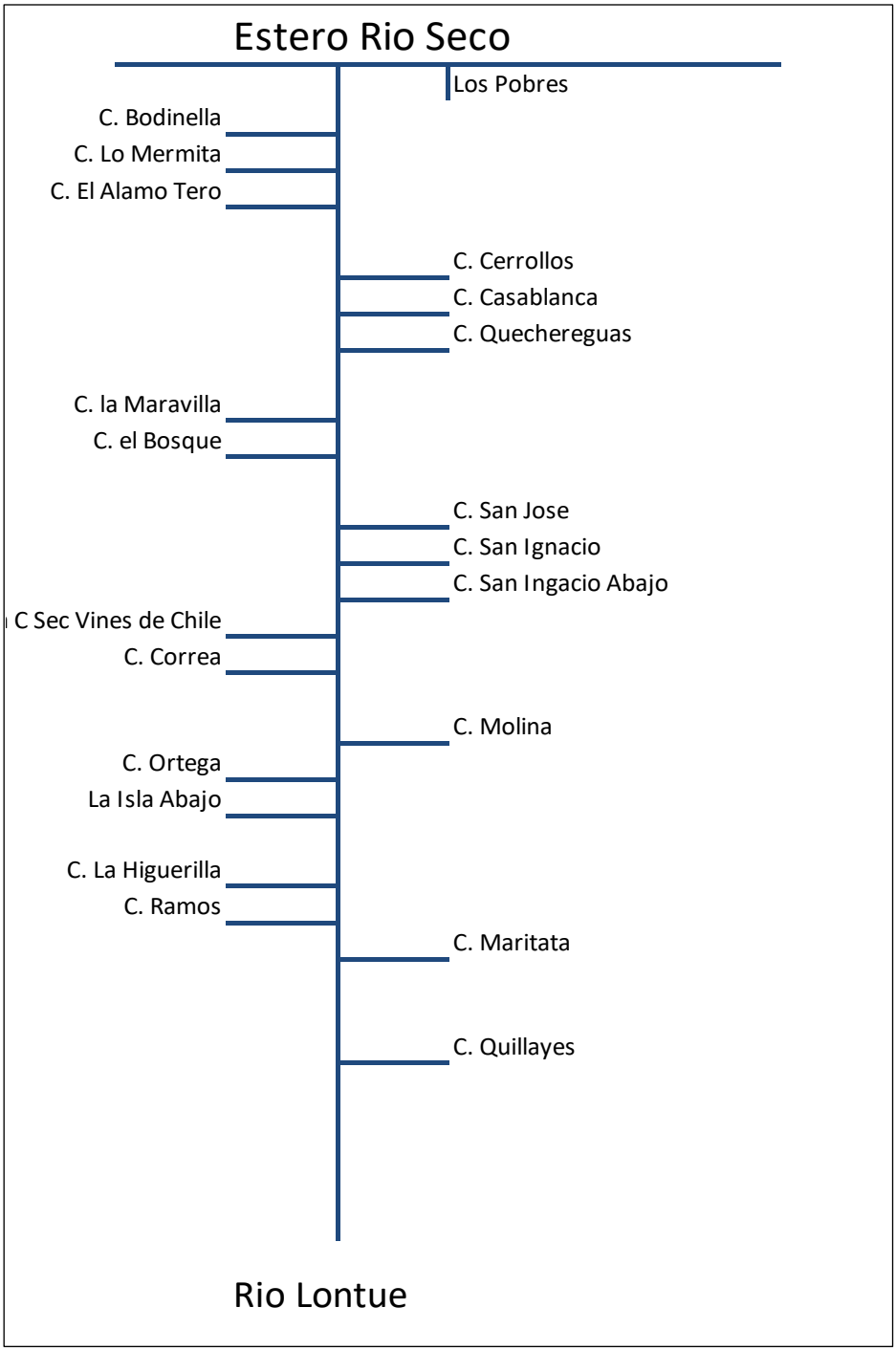
Canal	Ribera	Acciones
Yacal	Izquierda	2,7
Cumpeo	Izquierda	9,68
Opacino	Derecha	0,35
Potrero Grande	Derecha	0,7
Ramirez Martinez	Derecha	2,66
Comunero Florida	Derecha	1,45
Purísima	Izquierda	5,15
Viejo los Niches	Derecha	1,02
Buena Fe	Izquierda	3
Nvo de Urzúa	Izquierda	0,71
Buena Paz	Izquierda	3,88
Peumo	Derecha	16,3
Nvo Los Niches	Derecha	4,26
Valdés Carrera	Izquierda	0,89
Gonzalez Rana	Derecha	2,2

Tabla 5-7 Canales principales distribuidos por el Río Lontué

Canal	Ribera	Acciones
Buena Unión o Pelarco	Izquierda	0,89
Ramirez y Rinconada	Izquierda	2,2
Huañuñe	Derecha	4,36
Cáceres-Lazo	Izquierda	3,88
Patagua	Izquierda	12,1
Los Pobres o Río Seco arriba-Rio Seco	Izquierda	14
La Obra Arriba	Derecha	2,44
Aranguiz	Izquierda	1,09
El Roble	Izquierda	eventual
Pirhuín	Izquierda	4,08
La Obra del Medio-Abajo	Derecha	2,32
Trapiche Abajo	Izquierda	1,74
Quillayes	Izquierda	eventual

Fuente: (IH005) & (IH150)

Figura 5-10 Unifilar Río Seco



Fuente: (IH006) Dirección General de Aguas, 1985 "Catastros de Usuarios de Aguas, VII Región"

El área regada por estos canales, excluyendo al canal Quillayes que solo tiene derechos eventuales, alcanza a 5.958 ha.

El tercer cauce es el Estero Carretón que nace de la confluencia de 4 pequeños esteros o bajos naturales, antes de la puntilla de Pulmodón. En estos 4 esteros hay 20 bocatomas de canales cortos que riegan predios vecinos. Este conjunto de esteros, además de los esteros Patagual y Pichuco que son afluentes del estero Carretón en su curso inferior, constituyen el drenaje natural del área de riego de los canales Patagua, Ramirez Rinconada y Cerrillano. Por lo tanto, una parte importante de sus recursos provienen de los derrames de riego de estos canales.

Desde la puntilla de Pulmodón, el estero Carretón tiene 16 canales que se reparten 1.469 acciones permanentes y 1.500 eventuales que constituyen los derechos registrados sobre su caudal. Estos canales se encuentran bajo la tuición de una Junta de Vigilancia. En la figura de más abajo se incluye un esquema de los 16 canales con la ubicaci6n relativa y los derechos correspondientes a cada uno. El área regada por estos 16 canales y las 20 tornas de sus cuatro afluentes, alcanza las 4.019 ha.

Figura 5-11 Unifilares Estero Carretón

Fuente: (IH006)

Cerca de las obras descritas, se encuentran muy próximas unas a otras las bocatomas de cuatro canales, dos de los cuales tienen una bocatoma común. Un Km hacia el poniente por la ribera norte, se agrupan las bocatomas de cinco canales entre los que destacan las de los canales Viejo y Nuevo Los Niches. Aunque mantienen el sistema de muros de piedras de río reforzados con pata de cabras, disponen de compuertas reconstruidas en 1977, con muros que podrán impedir las inundaciones o desbordes provocados por crecidas del río.

Por la ribera sur 2 Km aguas abajo, se agrupan las bocatomas de otros cuatro canales, entre las que se destaca la del canal Patagua cuyos derechos alcanzan al 11 % del caudal del Lontué. Este canal tiene una estructura de 3 compuertas de paso y una de descarga que por sus dimensiones son de cierta importancia.

Merece también mencionarse la bocatoma del Río Seco aguas abajo, que tiene un corto muro de contención de hormigón, única de este tipo en el río Lontué. Su construcci6n se debió quizás a que es la bocatoma común con la del canal de aducción a la planta hidroeléctrica "Manuel Avilés" de la CONAFE. Esta tiene 2 turbinas con una capacidad instalada de 5 m^3/s c/u y genera un máximo de 500 KW, por problemas de diseño y desgaste de equipos.

Marcos de aforo existen en todos los canales del río Lontué y se encuentran en un razonable estado de mantención. Solo en tres casos, los aforos se realizan en el primer marco partidor.

Los marcos partidores de los canales están, en general, en aceptable estado de mantención, notoriamente mejor que en la zona del río Teno. Sólo en los canales que sirven áreas del sector reformado se encontraron los marcos en mal estado con muros deteriorados, gradas destruidas y puntas partidoras corroídas o inexistentes.

En general la limpieza de los canales se efectúa solo por los bordes. Casi la totalidad tiene embanques de fondo, que son de menor espesor en los canales de la ribera norte.

En el área de influencia de riego del río Lontué solo pudieron detectarse 8 embalses reguladores nocturnos; dos corresponden a la zona del canal Quillayes y están conectados a elevaciones mecánicas instaladas casi al término del canal.

5.3.3.3. Conducciones en el Río Mataquito

A lo largo del cauce del Mataquito no se encuentran obras de magnitud para desviar el agua hacia los canales de riego, manteniéndose el tipo de tomas con patas de cabras. Debido a la pendiente media del río del orden de 1,5%, las bocatomas de los canales mayores están relativamente alejadas de las áreas de riego del respectivo canal. Existen dos áreas de riego con elevaciones mecánicas por la ribera norte y cuatro por la ribera sur.

De los canales que extraen aguas de este río, solo el canal Licantén se encuentra revestido y en general carecen de marcos de aforo.

Hay cinco embalses de regulación nocturna vinculados a pequeñas elevaciones mecánicas. Como embalses de temporada se pueden señalar el de Tonlemo y el construido en la cabecera del estero Culenar.

Tabla 5-8 Canales principales del Río Mataquito

Canal	Ribera	Acciones
Leyton	Derecha	202
La Pacora	Derecha	274
La Junta	Derecha	72
C del Mataquito	Izquierda	88
Majadillas	Derecha	675
Cabello	Derecha	135
Palquibudis	Derecha	925
Puente de Tablas	Izquierda	112
Culenar	Izquierda	943
Valenzuela	Izquierda	180
La Huerta	Derecha	738

Tabla 5-8 Canales principales del Río Mataquito		
Canal	**Ribera**	**Acciones**
Nabarro y Núñez	Derecha	54
Huertino y Nogales	Izquierda	437
Parronal o Armanet	Derecha	146
Barandica y Peralillo	Derecha	44
La Isla	Izquierda	47
Huaquen	Izquierda	194
Ajial	Izquierda	216
Guaquen	Izquierda	122
Tonlemo	Izquierda	176
Colin	Izquierda	186
Minarío	Derecha	65
Paula	Izquierda	309
Moya	Izquierda	165
San Pedro	Derecha	130
Idahue	Derecha	509
Santa Elena	Derecha	63
Docamavida	Izquierda	332
Licantén Oriente	Derecha	306
Lora	Derecha	837
Curepto San Luis	Izquierda	260
Pununquen	Izquierda	160
Naicura	Derecha	418
La Isla	Derecha	70
Tonlemo (tanque)	Izquierda	336

Fuente: (IH005) & (IH150)

Además de estos grandes canales, existen otros menores con bocatomas en diferentes esteros de la cuenca que riegan eventualmente pequeñas zonas de regadío, muchas de ellas sin registro de derechos de aprovechamiento ni

organizaciones de usuarios que aprovechan las aguas excedentarias de zonas regables de mayor entidad.

5.3.3.4. Conducciones en el Cuenca Maule

A continuación se presentan los canales principales de los sistemas dentro de la cuenca del Río Maule.

Tabla 5-9 Canales principales y derivaciones de los sistemas de riego de la cuenca del río Maule

Sistema	Canal Principal/Canal derivado	UPH	Comuna	Periodo construcción	Fuente	Capacidad (m³/s)	Longitud (km)	Derivados (m)	Superf. Regable (ha)	Eficiencia Hidráulica
Sistema Canales Maule Norte	Canal San Rafael	6	Pelarco	1947/1950	Rio Claro	4	9	36,2	3.500	
	Canal Santa Maria	6	Pelarco	1957/1958	Estero Pelarco	0,1	3	-	100	
	Sistema Canales Maule Norte	6	San clemente/ Pelarco/ Río Claro	1918/25-1954/66	Rio Maule		152,4	232,5	70.000	
	Canal Tronco	6			Rio Maule	68	8,1	-		80-85
	Canal Maule Norte Alto	6							16.000	80-85
	-Canal Maule Norte Alto 1ª Sec	6				27	27,5	10,5		
	-Canal Maule Norte Alto 2ª Sec	6				9,5	17,5	5,4		
	Canal Maule Norte Bajo	6							22.000	85-90
	-Canal Maule Norte bajo 1ª Sec	6				41	30	15,5		
	-Canal Maule Norte bajo 3ª Sec	6				23	44,3	40		

Tabla 5-9 Canales principales y derivaciones de los sistemas de riego de la cuenca del río Maule

Sistema	Canal Principal/Canal derivado	UPH	Comuna	Periodo construcción	Fuente	Capacidad (m³/s)	Longitud (km)	Derivados (m)	Superf. Regable (ha)	Eficiencia Hidráulica
	-Canal Maule Norte bajo 2ª Sec	6				9,7	25	-		
Sistema Maule	Canal Devolución Machicura	6			Rio Maule		24		38.500	
	Sur 1	6				30				93
	Sur 2	6				10				100
	Sur 3	6				8,3				100
	Canal San Clemente	6			Canal Devolución Machicura	21			13.000	90
	Duao Zapata	6			Canal San Clemente	11				85
	Sistema Maitenes	6							20.000	
	Canal Maule Sur	6	Linares/ San Javier	1948/1964	El Lirio (Río Maule)	60	24,3	29	50.000	
Sistema Melado	Canal Melado	8	Linares/ Colbún/ Longaví	1918/1930	Rio Melado	20	24	200	50.000	95
Sistema Bullileo-Longaví		8			Río Longaví y el estero Ligua			396,7	20.000	65

Tabla 5-9 Canales principales y derivaciones de los sistemas de riego de la cuenca del río Maule

Sistema	Canal Principal/Canal derivado	UPH	Comuna	Periodo construcción	Fuente	Capacidad (m³/s)	Longitud (km)	Derivados (m)	Superf. Regable (ha)	Eficiencia Hidráulica
	Canal Alimentador Digua	8-7	Parral	1968	Rio Longaví	22	6,5			90-95
Sistema Digua-Perquilauquén	Canal Alimentador Digua	7				22	6,5			90-95
	Perquilauquen Cato	7	Linares	1921/1923	Rio Perquilauquén	20	27		3.000	90-95
	Canal Matriz Digua	7	Linares	1954/1967	Rio Cato	27	37	215	11.040	95
	Perquilauquén-Ñiquén	7	Ñuble	1974/1996	Embalse Digua	4,5	11,7		2.600	85-90
	Perquilauquén-fiscal	7				5	32			95
Sistema Río Claro	Ribera derecha	6							1.000	
	Ribera Izquierda	6							17.000	
Sistema Cauquenes Tutuvén	Canal Tronco o matriz	7					72		25.000	
	Rosales Matriz	7								
	Rosales alto	7								
	Rosales Bajo	7								

Tabla 5-9 Canales principales y derivaciones de los sistemas de riego de la cuenca del río Maule

Sistema	Canal Principal/Canal derivado	UPH	Comuna	Periodo construcción	Fuente	Capacidad (m³/s)	Longitud (km)	Derivados (m)	Superf. Regable (ha)	Eficiencia Hidráulica
	Derivado San Miguel	7								
	Cauquenes	7								
	Pilen	7								
	Miraflores	7								
	El Boldo	7								
	Montebruno	7								
	Canal embalse Tutuven	7	Cauquenes	1945/48/78	Rio Tutuven y Estero Tobalqüen	2,3	50		1.800	
Sistema Pencahue		6								
	Canal Pencahue	6	Pelarco/Pencahue	1974/1996	Rio Licay	12	30	87,5	11.200	90
Sistema Melozal	Canal Melozal	8	Linares/ San Javier	1965	Rio Putagán	10,5	37		8.500	95
Canal Putagan	Canal Putagan	8	Linares/ San Javier	1944/1950	Rio Putagan	4	8,3	25,7	4.000	
Canal Gatica	Canal Gatica	8	Yerba Buenas/ San Javier/Villa Alegre	1963/1965	Rio Maule	2,3	25,5		1800	

Fuente: Elaboracion Propia en base a documentación consultada, RH80, IH005, IH006, entre otros.
En el Anexo 5-1 se detalla la información de la los canales correspondientes a la cuenca del Río Maule.

5.4. TRATAMIENTO DE AGUAS.

5.4.1. Infraestructura de Agua Potable

El consumo de agua potable especialmente en el sector urbano, es un servicio sanitario prestado por empresas del sector privado, concesionarias. Este suministro debe ser regulado por normas de calidad para el consumo humano. De esta forma debe considerar tratamiento de aguas para llegar al estándar deseado.

En el sector rural, son las comunidades quienes forman Comités o Cooperativas de agua potable, denominadas Agua Potable Rural (APR). Estas son organizaciones comunitarias que se rigen por la Ley de Juntas de Vecinos y demás Organización es Comunitarias, cuyo texto actualizado se fijó por Decreto Nº 58 de 1997, del Ministerio del Interior.

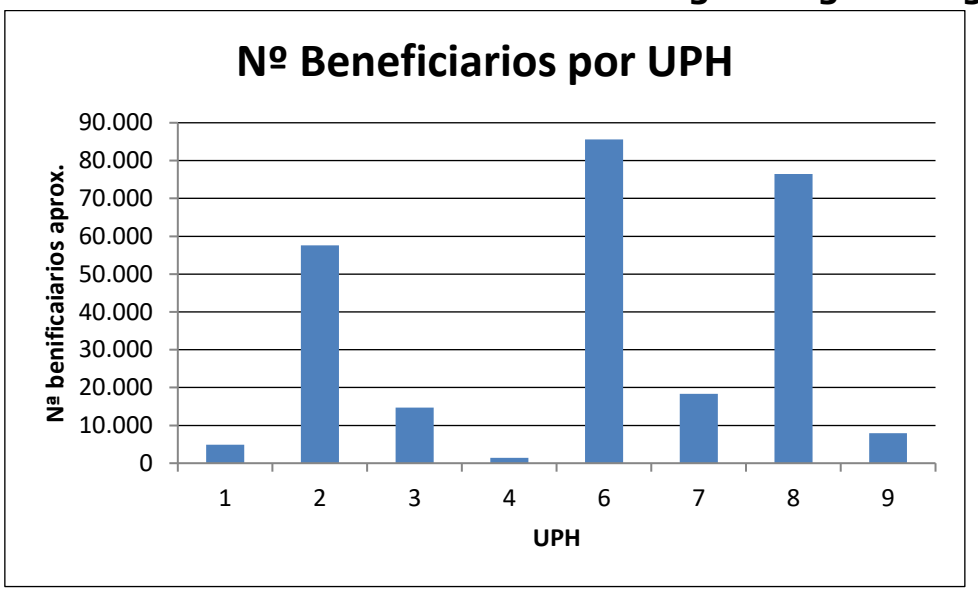
No persiguen fines de lucro, gozan de personalidad jurídica y sus socios ingresan y participan de forma voluntaria, personal e indelegable. El objetivo fundamental de un comité de agua potable rural es administrar, operar y mantener el servicio de agua potable en cada localidad donde una institución hizo la construcción del mismo, siendo este el Ministerio de Obras Públicas (MOP, atreves de la Dirección de Obras Publicas), Gobierno Regional o Municipalidades.

Para su buen funcionamiento, todo Comité cuenta con su Estatuto y un Reglamento, dependiendo legal y administrativamente del Ministerio del Interior, por intermedio de la Municipalidad respectiva.

Se analizó la infraestructura de agua potable de las fuentes superficiales y subterráneas para núcleos urbanos y rurales. La información se especifica en la Tabla en el Anexo 5-2 “APR”, señalando el nombre de la fuente, comuna, arranques, beneficiarios aproximados y situación en las unidades de estudio, UPH.

Se detectaron 283[2] sistemas de Agua Potable Rural (APR) en la Región del Maule, de los cuales el 73% son por captaciones subterráneas. El total abastece a una población estimada de 266.837 habitantes distribuidos según el gráfico siguiente para las unidades de estudio.

Gráfico 5-2 Distribución de canales en la Región según Longitud.

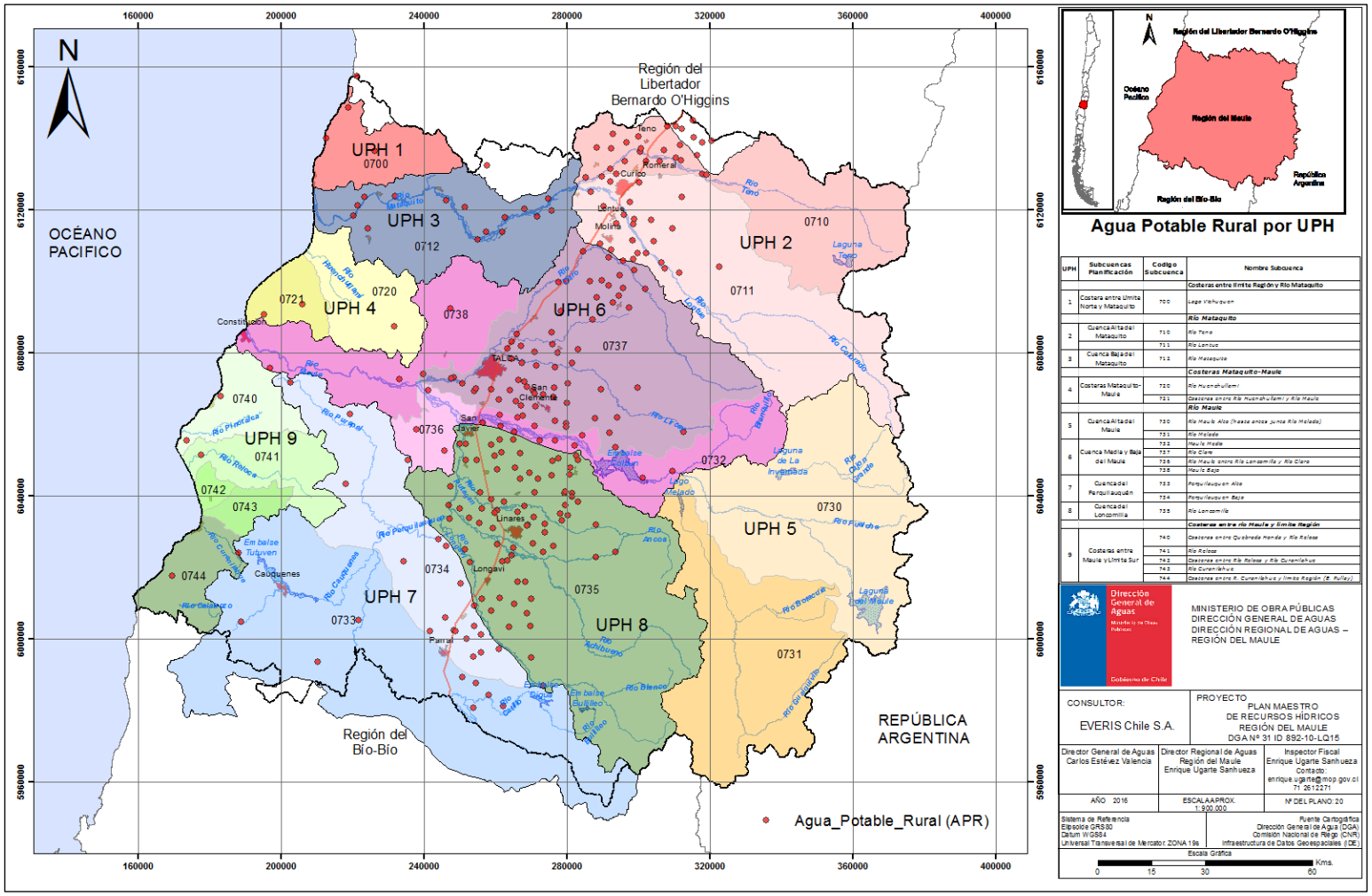


Fuente: Elaboración Propia en base a información ofrecida por DOH, Diciembre 2015

La mayor densidad de APR se concentra en las zonas de los valles de los ríos principales, en las UPH 6, 8 y 2. En la Figura 5-1 se muestran las zonas con mayor densidad de sistemas.

[2] No incluye APR con financiamiento diferentes DOH

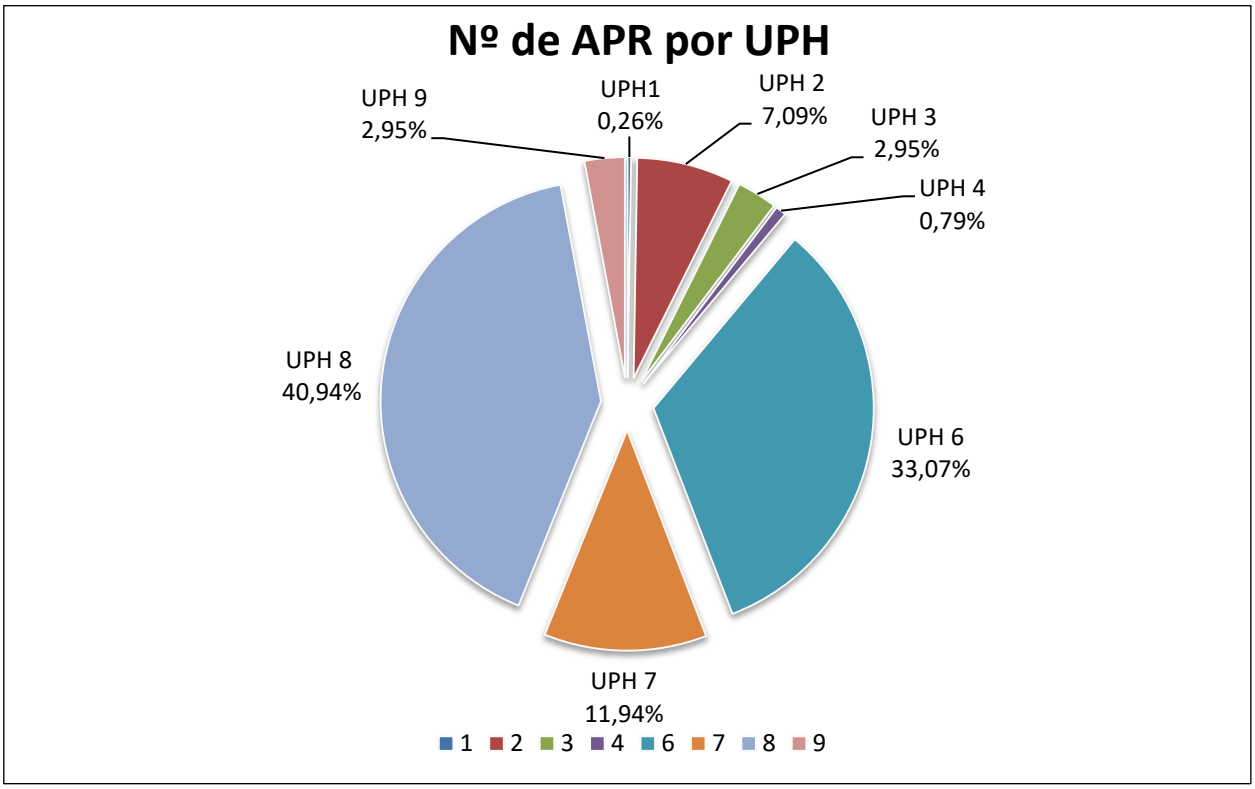
Figura 5-12 Agua Potable Rural según UPH



UPH	Subcuencas Planificación	Codigo Subcuenca	Nombre Subcuenca
			Costeras entre límite Región y Río Mataquito
1	Costera entre Límite Norte y Mataquito	700	*Lago Vichuquen*
			Río Mataquito
2	Cuenca Alta del Mataquito	710	*Río Teno*
		711	*Río Lontue*
3	Cuenca Baja del Mataquito	712	*Río Mataquito*
			Costeras Mataquito-Maule
4	Costeras Mataquito-Maule	720	*Río Huenchullami*
		721	*Costeras entre Río Huenchullami y Río Maule*
			Río Maule
5	Cuenca Alta del Maule	730	*Río Maule Alto (hasta antes junta Río Melado)*
		731	*Río Melado*
6	Cuenca Media y Baja del Maule	732	*Maule Medio*
		737	*Río Claro*
		736	*Río Maule entre Río Loncomilla y Río Claro*
		738	*Maule Bajo*
7	Cuenca del Perquilauquén	733	*Perquilauquen Alto*
		734	*Perquilauquen Bajo*
8	Cuenca del Loncomilla	735	*Río Loncomilla*
			Costeras entre río Maule y límite Región
9	Costeras entre Maule y Límite Sur	740	*Costeras entre Quebrada Honda y Río Reloca*
		741	*Río Reloca*
		742	*Costeras entre Río Reloca y Río Curanilahue*
		743	*Río Curanilahue*
		744	*Costeras entre R. Curanilahue y límite Región (E. Tulley)*

Fuente: Elaboración Propia con datos DOH, Enero 2016

Gráfico 5-3 Número de sistemas APR según UPH



Fuente: Elaboración Propia con datos DOH, Enero 2016

En zonas urbanas predomina la captación subterránea como método para abastecer estas localidades.

En la cuenca del Maule las localidades de Constitución, Quirihue, Empedrado además del 18,3% del agua para Linares, se toma de fuentes superficiales. Otras 16 localidades pertenecientes a la cuenca del Río Maule se abastecen de agua subterránea, estas son: Talca, Cauquenes, Longaví, Maule, Parral, Retiro, Pelarco, San Clemente, San Javier, San Rafael, Villa Alegre y Yerbas Buenas.

En la cuenca del Río Mataquito las principales fuentes de abastecimiento son:

- Hualañé: Hoya Hidrográfica del Río Mataquito
- Curepto: Estero El Venado
- Romeral: Río Lontué
- Rauco: Pozos de captación

En la región existen otros APR no financiados por la DOH, esto fueron financiados por otras instituciones como las propias Municipalidades o el Gobierno Regional. Por lo tanto no se encuentra una fuente consolidada de información de todos los APR.

5.4.2. Aguas Servidas

En la Región del Maule, la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) tiene registradas 29 plantas de tratamiento de aguas servidas que tratan una población total aproximada de 723.761 habitantes y se concentran en Talca, Constitución, Linares y Curicó.

Tabla 5-10 Empresas De Desarrollo Sanitario En La Región Del Maule. Captación Y Saneamiento.

Empresa	Localidad	Sistema de Tratamiento	Clientes (Hab)	Inmue-bles	Población Urbana	Población Saneada	Subcuenca de captación	Subcuenca Descarga	Fuente Receptora
Aguas Del Centro	Loteo Doña Carmen (Sarmiento)		0	937	3148,00	3148,00		0710	
Aguas Sarmiento	Sarmiento	Lodos Activados	61	2125	7337,67	7127,04	0710	0710	ESTERO LITRE
Cooperativa Maule	Maule	#N/A	211	2268	9352,67	8482,56			
Cooperativa Sagrada Familia	Sagrada Familia	#N/A	86	899	3812,23	3447,54		0711	
Nuevosur S.A.	Iloca	#N/A	851	851	908,07	0,00	0700	0700	
Nuevosur S.A.	Los Queñes	Lodos Activados	149	204	835,21	225,18		0710	RÍO TENO
Nuevosur S.A.	Rauco	Lodos Activados	218	1618	5618,65	4861,63	1112	0710	ESTERO COMALLE
Nuevosur S.A.	Romeral	Lodos Activados	401	2163	7242,57	5899,87	0570	0710	RÍO GUAYQUILO
Nuevosur S.A.	Teno	Lodos Activados	214	3169	11528,73	10750,21	0710	0710	ESTERO GUALAS
Nuevosur S.A.	Curicó	Lodos Activados	337	36452	122620,67	121487,03		0711	RÍO GUAYQUILO
Nuevosur S.A.	Lontué	Lodos Activados	287	3562	12123,11	11146,31		0711	ESTERO CARRETONES
Nuevosur S.A.	Molina	Lodos Activados	386	7964	28623,35	27236,03		0711	ESTERO CARRETONES

Tabla 5-10 Empresas De Desarrollo Sanitario En La Región Del Maule. Captación Y Saneamiento.

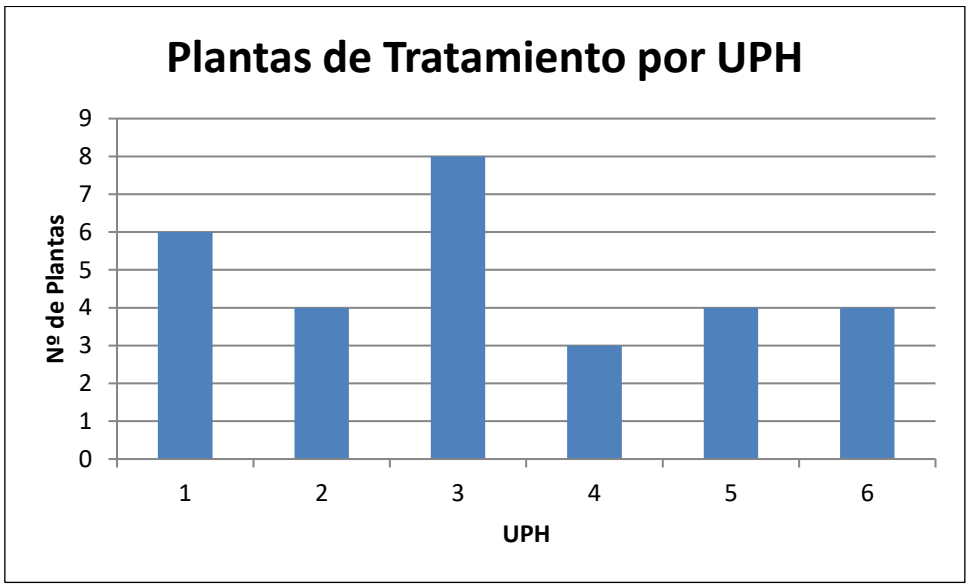
Empresa	Localidad	Sistema de Tratamiento	Clientes (Hab)	Inmue-bles	Población Urbana	Población Saneada	Subcuenca de captación	Subcuenca Descarga	Fuente Receptora
Nuevosur S.A.	Curepto	Lodos Activados	270	1156	3736,91	2864,10	1035	0712	ESTERO EL VENADO
Nuevosur S.A.	Hualañe	Laguna Aireada	635	1713	5897,10	3711,08		0712	RÍO MATAQUITO
Nuevosur S.A.	Licantén	Laguna Aireada	237	1043	4191,64	3239,18	0712	0712	RÍO MATAQUITO
Nuevosur S.A.	Gualleco	Lodos Activados	122	189	565,00	200,29	0720	0720	ESTERO GUALLECO
Nuevosur S.A.	Putú	Lodos Activados	194	666	1677,60	1188,93		0721	ESTERO VAQUERÍA
Nuevosur S.A.	Cauquenes	Lodos Activados	476	12552	38104,36	36659,36		0733	RÍO TUTUVEN
Nuevosur S.A.	Parral	Lodos Activados	398	10282	31037,31	29835,90		0733	ESTERO PARRAL
Nuevosur S.A.	Retiro	Lodos Activados	104	1496	5247,18	4882,41		0734	ESTERO PIGUCHEN
Nuevosur S.A.	Linares	Lodos Activados	379	24381	82066,60	80790,88		0735	ESTERO APESTADO
Nuevosur S.A.	Longavi	Laguna Aireada	392	1930	6507,34	5185,64		0735	RÍO LIGUAY
Nuevosur S.A.	San Javier	Lodos Activados	392	9166	26764,46	25619,84	1012	0735	RÍO LONCOMILLA
Nuevosur S.A.	Villa Alegre	Lodos Activados	452	3393	11396,38	9878,21	0603	0735	RÍO LONCOMILLA

Tabla 5-10 Empresas De Desarrollo Sanitario En La Región Del Maule. Captación Y Saneamiento.

Empresa	Localidad	Sistema de Tratamiento	Clientes (Hab)	Inmue-bles	Población Urbana	Población Saneada	Subcuenca de captación	Subcuenca Descarga	Fuente Receptora
Nuevosur S.A.	Yerbas Buenas	Lodos Activados	46	825	3441,43	3249,54	0420	0735	ESTERO ABRANQUIL
Nuevosur S.A.	Pelarco	Lodos Activados	99	906	3124,60	2783,17		0737	ESTERO PELARCO
Nuevosur S.A.	San Clemente	Laguna Aireada	315	6168	19563,18	18564,08	1011	0737	ESTERO HUILQUELEMU
Nuevosur S.A.	San Rafael	Laguna Aireada	110	1262	3897,13	3557,44	0737	0737	ESTERO PATAGUAS
Nuevosur S.A.	Talca	Lodos Activados	556	72217	219272,53	217584,35	0460	0737	RÍO CLARO
Nuevosur S.A.	Constitución	Lodos Activados	346	9567	32902,74	31712,78		0738	ESTERO SIN NOMBRE
Nuevosur S.A.	Empedrado	Lodos Activados	170	835	3001,97	2390,79		0741	ESTERO LAS RANAS
Nuevosur S.A.	Chanco	Lodos Activados	110	1248	4249,38	3874,84	0910	0742	ESTERO CHANCO
Nuevosur S.A.	Curanipe	Lodos Activados	109	519	1198,45	946,76	0744	0744	ESTERO PARRÓN

Fuente: Elaborado en base a datos ofrecidos por SISS, 2016

Gráfico 5-4 Distribución de Plantas de Tratamiento de aguas por UPH



Fuente: Elaborado en base a datos ofrecidos por SISS, 2016

Según el Catastro de Plantas de tratamiento de aguas servidas (2012), en localidades con sistemas APR ofrecido por la SUBDERE Maule, se detalla que: el 60% están en buen estado y el 20 % en mal estado. Se considera una población de 7.000 plantas que se encuentran en mal estado. Dicha información se incorpora en el anexo 5-4 "Plantas de Tratamientos APR".

5.5. RED HIDROMETEOROLÓGICA DE LA DGA

Este apartado complementa el análisis realizado en la etapa I "*5.1. Análisis de Redes Hidrometeorológicas y Niveles".* La fundamentación del análisis se basa en las redes Hidrometeorológicas para la gestión de los recursos y redes de pozos para niveles de aguas subterráneas.

La información utilizada se obtuvo a través de los siguientes documentos:

- (EH020) Análisis y Valoración de la Funcionalidad de la Red Fluviométrica Y Asignación de Derechos De Aprovechamiento. MOP, Dirección De Planeamiento, 2006.

- (EH030) Mejoramiento y Ampliación de Red de Aguas Subterráneas, Regiones VII A XI. CONIC BF Ingenieros Civiles Consultores LTDA. S.I.T. Nº 223. Diciembre 2010.
- (EH040) Análisis Crítico de las Redes Hidrométricas, Regiones V a VII Y Región Metropolitana. Kral Consultores Limitada. DGA, Noviembre 2013.
- (RH110) Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021. Región del Maule. MOP 2012.
- Consultas vía página web de la DGA.

Se evaluó la distribución de las estaciones de calidad química de las aguas, fluviometría, sedimentométricas, meteorología, niveles de embalse, pozos y medición de nieve, a partir de los antecedentes contenidos en la Información Oficial Hidrometeorológica y de calidad de aguas en línea, contenida en el sitio web de la Dirección General de Aguas

5.5.1. Red de Estaciones Meteorológicas

Tal como se establece en el estudio "Análisis y Valoración de la Funcionalidad de la Red Fluviométrica y Asignación de derechos de aprovechamiento" de la Dirección de Planeamiento – MOP 2006, la red meteorológica entrega datos que cuantifican las distintas variables referentes al clima, ya sea de precipitación, evaporación, radiación solar, etc. La medición de estas variables es realizada con periodicidad, y entrega información que es utilizada en distintos proyectos, en especial referentes al manejo de las aguas.

Dentro de la red existen diversos tipos de estaciones, desde las más simples, que son los pluviómetros, hasta aquellas que integran distintos instrumentos para medir múltiples variables.

Estas estaciones presentan distintos requerimientos en cuanto a la medición que realizan. El tipo de medición lo podemos clasificar según el requerimiento de personal que necesitan y de la instrumentación que poseen. Mientras que existe un tipo de estaciones que realizan observaciones puntuales, como por ejemplo mediciones puntuales a ciertas

horas, donde estas estaciones necesitan observadores, personas que por lo general son pobladores cercanos a la estación y se les paga un sueldo mensual para que realicen la actividad de recopilar la información de interés; otras estaciones poseen bandas de registro continuo, como son los pluviógrafos, los actinógrafos, los higrotermógrafos, heliógrafos, entre otros.

La Organización Mundial de Meteorología (OMM), en su Guía de Prácticas Hidrológicas (OMM-N° 168), recomienda para una red hidrométrica unas densidades mínimas de estaciones que dependen de la tipología de la estación y de la configuración fisiográfica de la cuenca, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5-11 Densidad mínima recomendada por la OMM para las estaciones (área en km2/estación)

Unidad fisiográfica	Instrumentos de medición					
	Precipitación		Evapo-ración	Flujo-fluvial	Sedimen-tos	Calidad del agua
	No registra-doras	Registra-doras				
Costa	900	9.000	50.000	2.750	18.300	55.000
Montaña	250	2.500	50.000	1.000	6.700	20.000
Planicie interior	575	5.750	5.000	1.875	12.500	37.500
Montes/ondulaciones	575	5.750	50.000	1.875	12.500	47.500
Islas pequeñas	25	250	50.000	300	2.000	6.000
Áreas urbanas	–	10 a 20	–	–	–	–
Polos/tierras áridas	10.000	100.000	100.000	20.000	200.000	200.000

Fuente: Guía de prácticas hidrológicas. Volumen I. Organización Mundial de Meteorología (OMM-N° 168). 2011

En base a estas recomendaciones de la OMM, se ha elaborado el cuadro siguiente en el que se especifica el grado de cumplimiento en cuanto a la densidad de estaciones meteorológicas existentes en las diferentes cuencas de la Región del Maule.

Tabla 5-12 Densidad de estaciones meteorológicas por cuencas

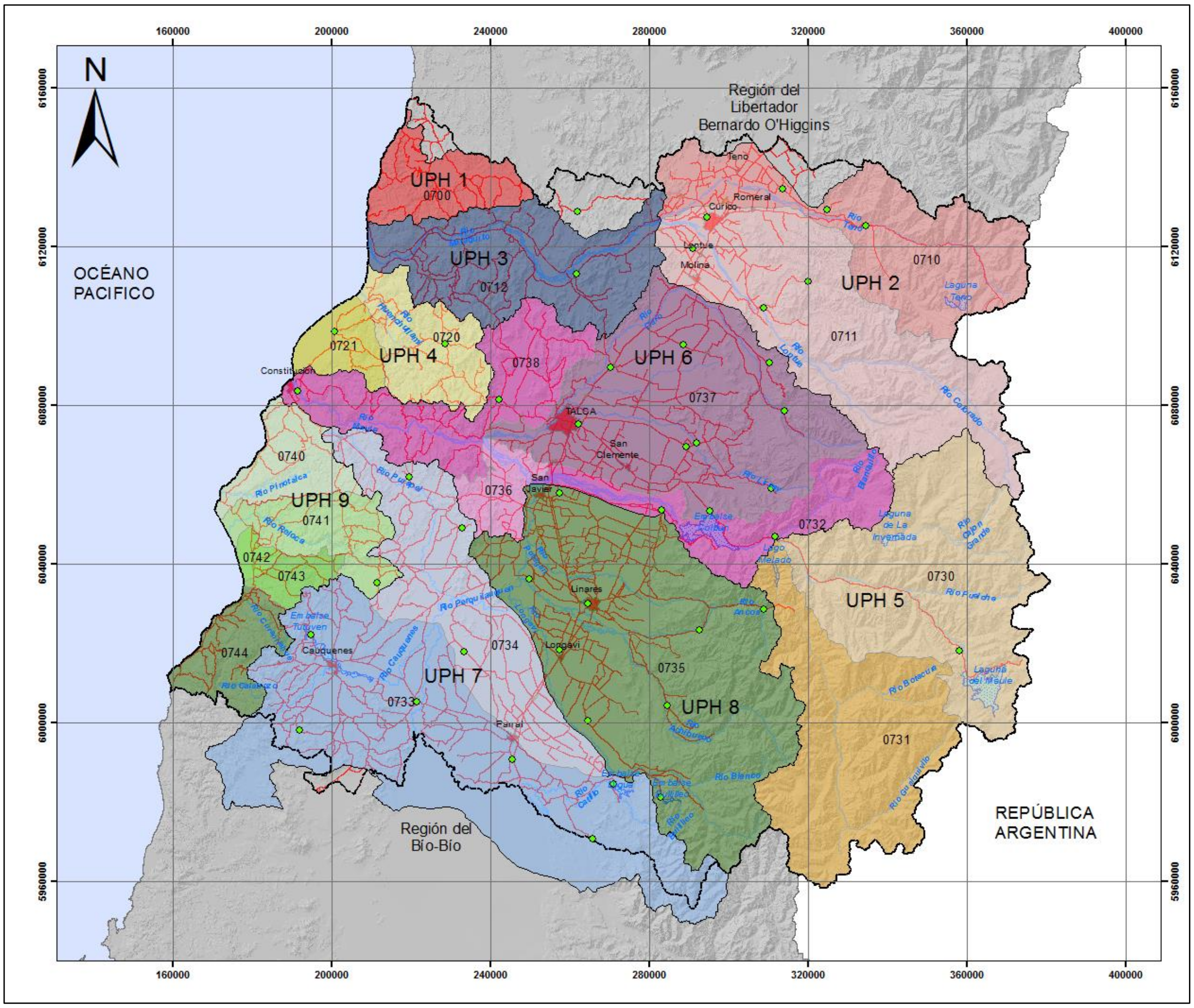
UPH	Cuencas de la Región del Maule	Área (km^2)	Nº estaciones meteorológicas	Densidad estaciones (km^2/estación)		Grado de cumpli-miento
				Real	Recomendada OMM	
1	Costeras Límite R. VI - Mataquito	638	0	-	900	No cumple
2 y 3	Río Mataquito	6.357	15	530	575	Cumple
4	Costeras Mataquito - Maule	1.092	1	1.092	900	No Cumple
5,6,7 y 8	Río Maule	20.865	44	474	575	Cumple
9	Costeras Maule - Límite R. VIII	1.947	0	-	900	No cumple
	TOTAL	**30.899**	**60**			

Fuente: Elaboración propia, además de información de la DGA y Organización Mundial de Meteorología, 2011

De las 60 estaciones meteorológicas citadas, 14 de ellas coinciden, además, con sitios de estaciones Fluviométricas.

En la siguiente figura se presenta la distribución espacial de estas estaciones meteorológicas.

Figura 5-13 Red Meteorológica Regional



Fuente: DGA, 2016

Estaciones_Meteorológicas

Tabla 5-13 Estaciones De Seguimiento Meteorológico						
Uph	**Id**	**Nombre**	**Comuna**	**Código Bna**	**Utm Norte**	**Utm Este**
2	1	Agua Fria	Molina	07171002-2	6089958	310016
	2	Curicó	Curicó	07118003-4	6126392	295678
	3	El Manzano	Teno	07104005-4	6129371	324900

Tabla 5-13 Estaciones De Seguimiento Meteorológico

Uph	Id	Nombre	Comuna	Código Bna	Utm Norte	Utm Este
	4	Lontué	Sagrada Familia	07119007-2	6119784	291136
	5	Los Queñes	Romeral	07103003-2	6125462	334570
	6	Monte Oscuro	Curicó	07116004-1	6105515	320029
	7	Potrero Grande	Curicó	07116005-K	6104610	308992
	8	Radal	Molina	07170001-9	6078612	314319
	9	Santa Susana	Teno	07106007-1	6134553	313854
	10	Villa Prat	Sagrada Familia	07121003-0	6112743	261543
	11	Paso Vergara (Nivometrica)	Romeral	07100006-0	6105662	363288
3	12	La Palma	Hualañe	07130003-1	6129369	263621
4	13	Gualleco	Curepto	07200001-3	6095495	228628
5	14	Lo Aguirre (Nivometrica)	San Clemente	07301000-4	6018258	358270
	15	Armerillo	San Clemente	07320002-4	6046881	311869
	16	Colorado	San Clemente	07378003-9	6053566	295409
	17	Constitución	Constitución	07384002-3	6085616	190187
	18	El Durazno	San Clemente	07376006-K	6069548	289494
	19	El Guindo	San Clemente	07373003-1	6095517	288401
6	20	Huapi	San Clemente	07374005-3	6070638	292201
	21	Pencahue	Pencahue	07381003-5	6081649	242462
	22	Putu	Constitución	07210001-8	6098191	200969
	23	San Rafael	Rio Claro	07373004-K	6989554	270212
	24	Talca Uc	Talca	07378002-0	6076996	261931
	25	Vilches Alto	San Clemente	07374004-5	6058931	310749
	26	Digua Embalse	Parral	07331002-4	5985373	271197
	27	El Alamo	Cauquenes	07336003-K	5998318	191900
	28	La Estrella	Cauquenes	07340002-3	6035328	211693
7	29	Los Huinganes	Retiro	07340003-1	6018432	234651
	30	Parral	Parral	07345001-2	5990920	245623
	31	Quella	Parral	07335004-2	6005758	221598
	32	San Manuel	Parral	07330003-8	5970720	265975
	33	Tutuven Embalse	Cauquenes	07337002-7	6021909	195283
	34	Ancoa Embalse	Linares	07355007-6	6023539	293064
8	35	Bullileo Embalse	Parral	07350006-0	5981362	282975
	36	Hornillo	Colbún	07355006-8	6028740	308881
	37	Huerta De Maule	San Javier	07342002-4	6049559	233116

Tabla 5-13 Estaciones De Seguimiento Meteorológico						
Uph	**Id**	**Nombre**	**Comuna**	**Código Bna**	**Utm Norte**	**Utm Este**
	38	Juan Amigo	Linares	07353001-6	6004684	284573
	39	La Sexta De Longavi	Longaví	07352002-9	6000375	264573
	40	Liguay	Longaví	07352003-7	6018530	257449
	41	Linares	Linares	07358007-2	6030591	265381
	42	Maule Sur	Colbún	07358008-0	6054765	282241
	43	Melozal	Linares	07357003-4	6037495	248358
	44	Nirivilo	San Javier	0731002-9	6062482	219487
	45	San Javier	San Javier	07359005-1	6057345	259056
	46	Nevado Longavi (Nivometrica)	Longavi	07350008-7	5987943	307381

Fuente: Datos DGA, 2016

Tabla 5-14 Distribución de estaciones meteorológicas por UPH	
UPH	**N° Estaciones**
1	0
2	11
3	1
4	1
5	1
6	11
7	8
8	13
9	0
TOTAL	**46**

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar las Cuencas Costeras en los límites de la Región (Costeras Límite R. VI – Mataquito y Costeras Maule - Límite R. VIII), no cuentan con estaciones meteorológicas suficientes, según el criterio de la OMM.

En las cuencas de los ríos Mataquito y Maule, si bien podría afirmarse que las estaciones meteorológicas son suficientes, según el criterio de la OMM,

en su gran mayoría se encuentran situadas hacia poniente del pie de la cordillera de Los Andes, es decir, hay poca presencia de estaciones meteorológicas en la Alta Cordillera y en la Cordillera de la Costa, en las zonas con variación de altitud.

5.5.2. Red de Estaciones Fluviométricas

De acuerdo con el estudio "Análisis y Valoración de la Funcionalidad de la Red Fluviométrica y Asignación de derechos de aprovechamiento" de la Dirección de Planeamiento – MOP 2006, la red fluviométrica entrega datos que cuantifican el flujo de agua que pasa por un cierto punto de control ubicado en un río, estero, quebrada o canal. La medición directa de este flujo se realiza mediante aforos, que consiste en medir el volumen de agua que pasa en un intervalo de tiempo determinado y que entrega por lo tanto, un promedio del flujo para este intervalo. Dentro de la red hidrométrica existen básicamente dos tipos de mediciones, las de aforos y las de niveles de agua.

Actualmente, se dispone de datos en 68 estaciones fluviométricas (estaciones de la DGA con datos en los últimos 10 a 20 años), cuyo emplazamiento puede observarse en la Tabla 5-15. Estaciones Fluviométricas en la región del Maule. De ellas, 47 corresponden a estaciones en cauces naturales y las 21 restantes a estaciones en canales.

La Tabla siguiente representa en forma similar a las estaciones meteorológicas, el número de estaciones fluviométricas por cuencas y el grado de cumplimiento en cuanto a la densidad recomendada por la OMM.

Distribución Estaciones Fluviométricas por Cuencas

Tabla 5-15 Densidad de estaciones Fluviométricas por cuencas						
UPH	**Cuencas de la Región del Maule**	**Área (km^2)**	**Nº estaciones meteorológicas**	**Densidad estaciones (km^2/estación)**		**Grado de cumpli-miento**
				Real	**Recomenda OMM**	
1	Costeras Límite R. VI - Mataquito	638	0	-	2 750	1
2 y 5	Río Mataquito	6.357	8	908	1 583	4
4	Costeras Mataquito - Maule	1.092	1	1.092	2 750	1
5,6,7 y 8	Río Maule	20.865	58	444	1 583	13
9	Costeras Maule - Límite R. VIII	1.947	1	1 947	2 750	1
TOTAL		**30.899**	**68**			**20**

Fuente: Elaboración propia, además de información de la DGA y Organización Mundial de Meteorología, 2011

.

Tabla 5-16 Distribución de estaciones fluviometricas por UPH	
UPH	**N°**
1	0
2	6
3	2
4	1
5	7
6	29
7	11
8	11
9	1
Total	68

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente Figura 5-14, se puede observar la localización de las estaciones fluviométricas existentes.

Tabla 5-17 Red De Estaciones Fluviométricas En La Región Del Maule

UPH	Id	Nombre	Comuna	Pluviómetro	Termó-metro	Código Bna	UTM Norte	UTM Este
2	1	Estero Upeo En Upeo	Curicó	No	No	07116001-7	6105389	309363
	2	Rio Claro En Los Queñes	Romeral	No	No	07103001-6	6125271	334665
	3	Rio Colorado En Junta Con Palos	Curicó	No	No	07112001-5	6093876	317644
	4	Rio Palos En Junta Con Colorado	Curicó	Si	No	07115001-1	6094283	316472
	5	Rio Teno Bajo Quebrada Infiernillo	Romeral	No	No	07102005-3	6120369	350645
3	6	Rio Teno Después De Junta Con Claro	Romeral	Si	No	07104002-K	6125498	333646
	7	Rio Mataquito En Licantén	Licantén	Si	No	07123001-5	6118555	220316
	8	Rio Mataquito En La Huerta	Hualañe	No	No	07121006-K	6124552	225274
4	9	Rio Huenchullami En Coipue	Curepto	No	No	07200002-1	6095683	215770
5	10	Canal Melado En Los Hierros	Colbún	No	No	07317002-8	6030342	313163
	11	Rio Cipreses En Desagüe Laguna La Invernada	San Clemente	No	Si	07306001-K	6043273	339030
	12	Rio Maule En Desagüe Laguna Del Maule	San Clemente	No	No	07300001-7	6013297	359684
	13	Rio Maule En Los Baños	San Clemente	No	Si	07303000-5	6034242	340750
	14	Rio Melado En El Salto	Colbún	X	Si	07317005-2	6026641	317531
	15	Rio Melado En Zona Presa	Colbún	No	Si	07317003-6	6040905	311158
	16	Canal Melado Generación Hierros I	Colbún	No	No	07317002-K	6029522	313383

Tabla 5-17 Red De Estaciones Fluviométricas En La Región Del Maule

UPH	Id	Nombre	Comuna	Pluviómetro	Termó-metro	Código Bna	UTM Norte	UTM Este
	17	Canal Aducción Maule Central Pehuenche	San Clemente	No	No	07308000-2	6036454	319489
6	18	Canal Duao Zapata	San Clemente	No	No	07322008-4	6058282	270039
	19	Canal Evacuación Central Pehuenche	San Clemente	No	No	07321005-4	6043736	303831
	20	Canal Las Garzas	San Clemente	No	No	07308003-7	6040638	319022
	21	Canal Maitenes En Bocatoma	San Clemente	No	No	07352004-5	6004113	256927
	22	Canal Maule Norte Alto En Paso Nevado	San Clemente	No	No	07321007-0	6045126	302543
	23	Canal Maule Norte Bajo En Puente Centinela	San Clemente	No	No	07378011-K	6053695	294300
	24	Canal Maule Norte Bajo Primera Sección	San Clemente	No	No	07374002-9	6061647	292857
	25	Canal Maule Norte Bajo Segunda Sección	San Clemente	No	No	07374003-7	6065599	294429
	26	Canal Maule Norte En Aforador	San Clemente	No	No	07321003-8	6046456	308449
	27	Canal San Clemente	San Clemente	No	No	07322007-6	6059065	270497
	28	Estero Las Garzas	San Clemente	No	No	07308001-0	6041279	318738

Tabla 5-17 Red De Estaciones Fluviométricas En La Región Del Maule

UPH	Id	Nombre	Comuna	Pluviómetro	Termó-metro	Código Bna	UTM Norte	UTM Este
6	29	Estero Los Puercos En Puente Los Puercos	Pencahue	No	No	07381001-9	6081473	242776
	30	Quebrada Colorado Bajo Sistema Maitenes	San Clemente	No	No	07378013-6	6056066	290366
	31	Quebrada Colorado En Desagüe Laguna Los Temos	San Clemente	No	No	07378012-8	6052379	293397
	32	Rio Claro En Camarico	Rio Claro	No	No	07372001-K	6104201	282636
	33	Rio Claro En Rauquen	Pencahue	Si	Si	07379002-6	6072383	247418
	34	Rio Claro En San Carlos	San Clemente	Si	Si	07320003-2	6047103	312659
	35	Rio Lircay En Puente Las Rastras	San Clemente	No	No	07374001-0	6070316	291749
	36	Rio Loncomilla En Las Brisas	San Javier	Si	No	07359001-9	6054633	249106
	37	Rio Maule Bajo Bocatoma Maule Central Pehuenche	San Clemente	No	No	07308002-9	6039030	318833
	38	Rio Maule En Armerillo	San Clemente	Si	Si	07321002-K	6046213	308554
	39	Rio Maule En Forel	Constitución	Si	No	07383001-K	6077000	298528

Tabla 5-17 Red De Estaciones Fluviométricas En La Región Del Maule

UPH	Id	Nombre	Comuna	Pluviómetro	Termó-metro	Código Bna	UTM Norte	UTM Este
6	40	Rio Maule En Longitudinal	San Javier	No	No	07322001-7	6061889	254970
	41	Vertedero Embalse Colbún	San Clemente	No	No	07321008-9	6049935	287793
	42	Rio Lircay En Carretones	San Clemente	No	No	07379005-0	6064932	295268
	43	Estero Picazo	San Clemente	No	No	07375000-8	6072548	293505
	44	Rio Colorado En Curillinque	San Clemente	No	No	07307000-7	6034482	324301
	45	Canal Pencahue En Bocatoma Río Lircay	Pencahue	No	No	07373003-8	6078614	268130
7	46	Canal Alimentador Digua	Parral	No	No	7331004	5986891	272395
	47	Estero Curipeumo En Lo Hernández	Retiro	No	No	07335002-6	6015167	227788
	48	Rio Cauquenes En Desembocadura	Cauquenes	No	No	07339001-K	6022865	224798
	49	Rio Cauquenes En El Arrayan	Cauquenes	No	No	07336001-3	6008532	194900
	50	Rio Longavi En El Castillo	Longavi	No	No	07350003-6	5984654	289723
	51	Rio Longavi En La Quiriquina	Longavi	Si	No	07350001-K	5987828	279247

Tabla 5-17 Red De Estaciones Fluviométricas En La Región Del Maule

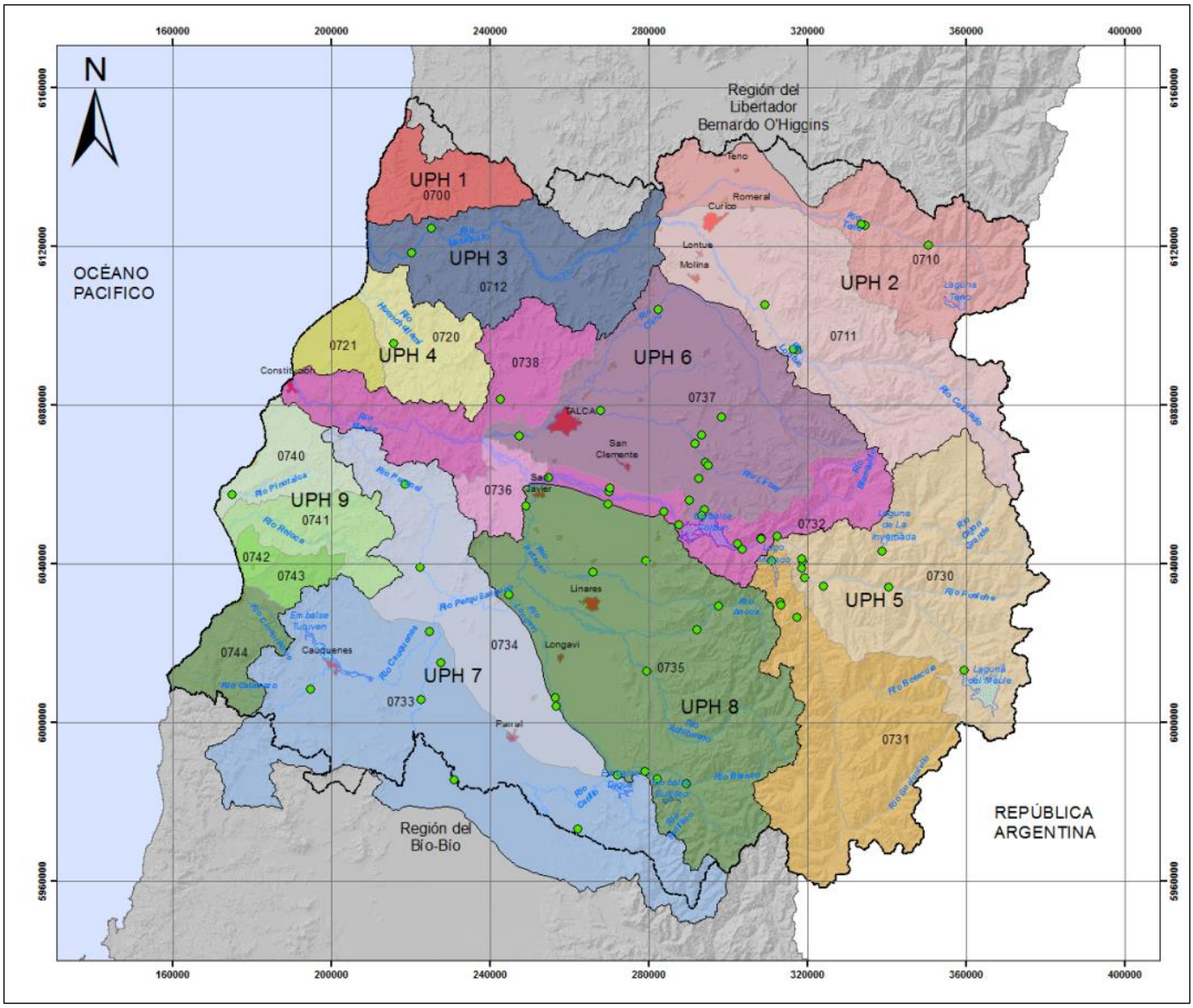
UPH	Id	Nombre	Comuna	Pluviómetro	Termó-metro	Código Bna	UTM Norte	UTM Este
	52	Rio Perquilauquen En Ñiquen	Parral	No	No	07332001-1	5985624	231124
	53	Rio Perquilauquen En San Manuel	Parral	Si	No	07330001-0	5973171	262274
	54	Rio Perquillauquen En Quella	Cauquenes	No	No	07335001-8	6005732	222877
	55	Rio Purapel En Nirivilo	San Javier	No	No	07341001-1	6060155	218728
	56	Rio Purapel En Sausal	Cauquenes	No	No	07343001-1	6039067	222570
8	57	Canal Maule Sur En Aforador	Colbún	No	No	07322002-5	6053110	283941
	58	Canal Primera Abajo	Longavi	No	No	07351002-3	6006304	256511
	59	Canal Restitucion Sur 1	Yerbas Buenas	No	No	07358010-2	6040880	279419
8	60	Canal Restitución Sur 2	Yerbas Buenas	No	No	07333005-K	6055131	269843
	61	Canal Restitución Sur 3	Yerbas Buenas	No	No	07322006-8	6055192	269816
	62	Canal Robleria Ante Bocatoma Ancoa	Colbún	No	No	07355008-4	6029510	297747
	63	Rio Achibueno En La Recova	Linares	No	No	07354002-K	6013026	279757

Tabla 5-17 Red De Estaciones Fluviométricas En La Región Del Maule

UPH	Id	Nombre	Comuna	Pluviómetro	Termó-metro	Código Bna	UTM Norte	UTM Este
	64	Rio Ancoa En El Morro	Linares	Si	No	07355002-5	6023374	292417
	65	Rio Bullileo En Santa Filomena	Longavi	No	No	07350002-8	5985881	282390
	66	Rio Loncomilla En Bodega	Longavi	No	No	07357002-6	6032305	244888
	67	Rio Putagan En Yerbas Buenas	Yerbas Buenas	No	No	07358001-3	6037889	266121
9	68	Rio Loanco En Desembocadura	Constitución	No	No	07400001-0	6057580	175046

Fuente: Datos DGA, 2016

Figura 5-14 Estaciones Fluviométricas Regionales



Fuente: Elaboración propia en bases a datos DGA, 2016

De esta información se desprende que las Cuencas Costeras tienen información escasa y que la mayor concentración de estaciones fluviométricas se localiza en la cuenca del río Maule, en su zona central, exceptuando la zona sur de la Región, que dispone de una menor información.

En definitiva según el criterio de la OMM puede afirmarse que la cantidad y distribución de las estaciones fluviométricas existentes en la región son suficientemente representativas, exceptuando la cuenca costera entre el límite norte de la región y el Mataquito.

5.5.3. Niveles de Pozos

Las aguas subterráneas de la Región del Maule están íntimamente relacionadas con los dos principales ríos, Maule y Mataquito. En la cuenca del río Maule las aguas subterráneas se concentran fundamentalmente en la Depresión Central, entre la Cordillera de los Andes y la Cordillera Costera, pudiéndose agrupar los acuíferos en dos sectores: Maule Norte y Maule Sur.

En la cuenca del Mataquito se pueden diferenciar dos sectores que agrupan, por un lado, los acuíferos asociados al río Mataquito y al estero Curepto en la cuenca media y baja y por otro, los acuíferos asociados a los dos ríos principales de la cuenca alta el Teno y el Lontué.

Por otro lado el catastro de las explotaciones tiene recopilado un total de unos 1.980 pozos de extracción de agua en la Región, lo que revela que el grado de explotación del agua subterránea es muy intensa.

A pesar de la gran extensión e importancia que representan los acuíferos como recurso hídrico para la Región, la cobertura en cuanto a estaciones de control de aguas subterráneas es muy reducida, contándose tan sólo con cuatro pozos de control piezométrico, dos en la cuenca del río Mataquito y dos en la cuenca del río Maule, cuya identificación se recoge en la tabla siguiente:

Tabla 5-18 Estaciones Subterráneas Región del Maule							
UPH	**ID**	**Nombre**	**Comuna**	**Código BNA**	**Coordenadas UTM Norte (Datum WGS84)**	**Coordenadas UTM Este (Datum WGS84)**	**Acuífero**
4	1	Estadio Huaquen	Curepto	7121005	6111436	253836	Mataquito
2	2	Estadio Molina	Molina	7119009	6112361	291358	Teno-Lontué
8	3	Estadio Linares	Linares	7358011	6029052	266097	Putagán Sur
7	4	Estadio Parral	Parral	7335005	5996193	246013	Perquilauquén Norte

Fuente: Datos DGA, 2016

Dada la escasa representatividad de los datos proporcionados por las cuatro estaciones de medición de niveles piezométricos, los estudios existentes sobre recursos hídricos subterráneos se han basado mayoritariamente en la información obtenida de los datos de extracción de los pozos existentes.

5.5.4. Niveles de lagos y Embalses.

En la región existen 6 embalses en los cuales se realizan controles de nivel de volumen de embalsamiento y de altura de cota, estos se detallan en la Tabla 5-19 que se muestra a continuación:

Tabla 5-19 Estaciones de Seguimiento de niveles de Lagos y Embalses

UPH	ID	NOMBRE	COMUNA	CODIGO BNA	UTM N	UTM E
5	2	LAGUNA LA INVERNADA	SAN CLEMENTE	07306000-1	6044725	339254
5	3	LAGUNA DEL MAULE	SAN CLEMENTE	07300000-9	6011793	360133
7	5	EMBALSE DIGUA	PARRAL	07331003-2	5981273	272265
7	6	EMBALSE TUTUVEN	CAUQUENES	07337003-5	6019628	194483
8	1	EMBALSE MELADO	COLBÚN	07317004-4	6040123	310670
8	4	EMBALSE BULLILEO	PARRAL	07350007-9	5981541	282746

Fuente: Datos DGA, 2016

De las 6 estaciones de niveles de embalses en la región se concentran en tres Unidades de Planificación Hídrica (UPH) son: UPH 5 (2), UPH 7 (2) y UPH 8 (2).

5.5.5. Estaciones de Calidad de Aguas

El estado de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas se mide a partir de sus características físico-químicas y microbiológicas. Los requisitos de calidad dependerán del uso, para los cuales se han definido criterios establecidos en la normativa vigente.

En la Tabla siguiente se identifican las estaciones de calidad de aguas de la región.

Tabla 5-20 Estaciones de Calidad de aguas en la Región del Maule

UPH	Nombre	Código	Tipo	Subsubcuenca	UTM Norte	UTM Este	Propósito	Continuidad
1	Pozo Sector Lago Vichuquén	07000005-9	Subterránea	7000	6.139.943	772.417	Seguimiento	Permanente
2	Rio Teno en Quebrada Infiernillo	07101001-5	Superficial	7101	6.120.228	357.113	Seguimiento	Permanente
2	Rio Teno en Los Queñes	07102001-0	Superficial	7102	6.126.170	334.829	Seguimiento	Permanente
2	Rio Claro en Fuente de Agua	07371001-4	Superficial	7371	8.341.411	392.483	Seguimiento	Permanente
2	Rio Claro en Los Queñes	07103001-6	Superficial	7103	6.125.585	334.865	Seguimiento	Permanente
2	Rio Teno antes Junta Río Mataquito	07106006-3	Superficial	7106	6.128.033	283.919	Seguimiento	Permanente
2	Rio Lontué en Panamericana	07117001-2	Superficial	7117	6.122.000	294.945	Seguimiento	Permanente
2	Rio Lontué despões junta Río Palos y Colorado	07117002-0	Superficial	7117	6.095.426	315.037	Seguimiento	Permanente
2	Rio Lontué en Sagrada Familia	07119003-K	Superficial	7119	6.126.185	283.963	Seguimiento	Permanente

Tabla 5-20 Estaciones de Calidad de aguas en la Región del Maule

UPH	Nombre	Código	Tipo	Subsubcuenca	UTM Norte	UTM Este	Propósito	Continuidad
3	Rio Mataquito en Puente Lautaro (Licantén)	07123003-1	Superficial	7123	6.125.161	244.397	Seguimiento	Permanente
3	Pozo Sector Lora	07123007-4	Subterránea	7123	6.119.204	767.562	Seguimiento	Permanente
5	Rio Maule en el Medano-En Los baños	07303000-5	Superficial	7303	6.034.553	340.950	Seguimiento	Permanente
6	Rio Maule en Armerillo	07321002-K	Superficial	7321	6.046.524	308.753	Seguimiento	Permanente
6	Pozo Viña Concha y Toro (Rauquén)	07379004-2	Subterránea	7379	5.963.207	248.272	Seguimiento	Permanente
6	Rio Maule en Longitudinal	07322001-7	Superficial	7322	6.061.696	254.663	Seguimiento	Permanente
6	Rio Lircay en Panamericana	07376001-1	Superficial	7376	6.079.309	259.326	Seguimiento	Permanente
6	Rio Claro en Talca	07379001-8	Superficial	7379	6.077.384	256.555	Seguimiento	Permanente
6	Rio Claro en Rauquén	07379002-6	Superficial	7379	6.073.278	251.917	Seguimiento	Permanente
6	Rio Maule en el Forel	07383001-K	Superficial	7383	6.078.184	753.520	Seguimiento	Permanente
7	Rio Perquilauquen en San Manuel	07330001-0	Superficial	7330	5.971.103	264.657	Seguimiento	Permanente

Tabla 5-20 Estaciones de Calidad de aguas en la Región del Maule

UPH	Nombre	Código	Tipo	Subsubcuenca	UTM Norte	UTM Este	Propósito	Continuidad
7	Rio Perquilauquen en Quella	07335001-8	Superficial	7335	6.006.504	762.759	Seguimiento	Permanente
7	Rio Cauquenes en el Arrayan	07336001-3	Superficial	7336	6.010.971	735.824	Seguimiento	Permanente
7	Pozo Lara Benavente	07336004-8	Subterránea	7336	6.014.047	742.896	Seguimiento	Permanente
7	Rio Cauquenes en desembocadura	07339001-K	Superficial	7339	6.023.058	766.268	Seguimiento	Permanente
7	Rio Purapel en el Sauzal	07343001-1	Superficial	7343	6.039.747	765.255	Seguimiento	Permanente
8	Rio Longavi en la Quiriquina	07350001-K	Superficial	7350	5.987.645	279.176	Seguimiento	Permanente
8	Rio Longavi en Panamericana	07351001-5	Superficial	7351	6.012.558	254.567	Seguimiento	Permanente
8	Rio Achibueno en Panamericana	07356002-0	Superficial	7356	6.025.724	262.277	Seguimiento	Permanente
8	Rio Putagan en Bocatoma Canal Melozal	07358004-8	Superficial	7358	6.036.737	258.965	Seguimiento	Permanente
8	Rio Loncomilla en las brisas	07359001-9	Superficial	7359	6.054.945	249.303	Seguimiento	Permanente

Tabla 5-20 Estaciones de Calidad de aguas en la Región del Maule

UPH	Nombre	Código	Tipo	Subsubcuenca	UTM Norte	UTM Este	Propósito	Continuidad
9	Pozo Fundo La Estrella	07410000-7	Subterránea	7410	6.036.436	752.939	Seguimiento	Permanente

Fuente: Datos DGA, 2016

De la información presentada se concluye que las estaciones de calidad de aguas se distribuyen según la Figura 5-15. La Unidad de Planificación Hídrica 2 (UPH 2), dispone de 7 estaciones de calidad, siendo aquella la unidad con mayores recursos para el control de calidad de las aguas en las cuencas que la compone. Seguido, la UPH 6 y 7 con 6 estaciones. El resto de las estaciones se distribuyen de la siguiente forma: UPH 8 con 5 estaciones y las UPH 1,9 y 5 con una estación cada una.

Figura 5-15 Estaciones de Calidad de Aguas Región del Maule

Fuente: Datos DGA, 2016

Para reforzar la red de control de calidad de aguas, existen 5 propuestas de estaciones en la región. En la tabla siguiente se detallan los datos de estas nuevas estaciones.

Tabla 5-21 Propuesta de Nuevas estaciones de Calidad de Aguas

Nombre	Tipo	Subcuenca
Estero Vichuquén aguas arriba lago	Superficial	700
Pozo sector Teno	Subterránea	710
Pozo sector Curicó	Subterránea	711
Pozo sector San Clemente	Subterránea	735
Tramo bajo del río Reloca	Superficial	741

Fuente: Datos DGA, 2016

5.5.6. Idoneidad de la Red Hidrométrica existente DGA

La evolución de la Red Hidrométrica de la DGA en cuanto a número de estaciones, a lo largo de los últimos cinco años evidencia una clara apuesta por el conocimiento de la cantidad del flujo de la red hidrográfica, como muestra la tabla siguiente.

Tabla 5-22 Evolución Red Hidrométrica

TIPO DE ESTACIÓN	ESTACIONES VIGENTES DGA 2011	ESTACIONES VIGENTES DGA 2013	ESTACIONES VIGENTES A FEB 2016
Meteorológica	54	54	60
Fluviométrica	55	63	68
Sedimentometricas		5	5
Calidad de Aguas		31	31
Aguas subterráneas		4	4
Nivel de embalse		5	5
TOTAL	**109**	**162**	**173**

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente esta red ha sido y es objeto de una progresiva instrumentación y mantenimiento, en aras de la mejora de la calidad de la información, tal como se aprecia en la tabla siguiente:

Tabla 5-23 Evolución en la instrumentalización de la red hidrométrica

Estaciones Instrumentadas	FLUVIOMÉTRICAS			METEOROLÓGICAS		
	Instrumen-tadas	Por Instru-mentar	Total	Instrumen-tadas	Por Instru-mentar	Total
Transmisión satelital a 2011	30	25	55	10	44	54
Distribución porcentual	55%	45%	100%	19%	81%	100%
Transmisión satelital a 2013	44	19	63	12	42	54
Distribución porcentual	70%	30%	100%	22%	78%	100%
Transmisión satelital a 2016	44	24	68	15	45	60
Distribución porcentual	65%	35%	100%	25%	75%	100%

Fuente: Elaboración propia

En los últimos cinco años la red fluviométrica de la DGA se ha incrementado en algo más de una docena de estaciones y su instrumentación ha pasado del 55% al 65%. Por otro lado, la red meteorológica de la DGA se mantiene en el número de estaciones. Sin embargo su instrumentación ha pasado del 19% al 25%.

En el estudio (EH040) Análisis Crítico de la Red Hidrométrica de la DGA de la Región del Maule, de noviembre de 2013, se clasificaron las estaciones vigentes según su idoneidad para distintos conceptos y se concluyó con una propuesta de estaciones nuevas.

Los conceptos de idoneidad tratados son:

-Idoneidad por criterio de emplazamiento: se refiere al estado general de la estación que permite el funcionamiento óptimo de la estación y no se necesita efectuar trabajos inmediatos en ella para garantizar la toma y registro de datos.

-Idoneidad por criterio de infraestructura: se refiere al estado general de la estación que permite el funcionamiento óptimo de la estación y no se necesita trabajos en ella, a excepción de las labores normales de mantenimiento.

-Idoneidad por ubicación espacial: se refiere al grado de cubrimiento de la estación en el contexto de las cuencas, subcuencas, alta cordillera y red hidrográfica.

-Idoneidad por completitud de datos: se refiere al grado de continuidad en la toma de los datos de las estaciones y a la longitud de sus series, lo que permite determinar que las variables medidas en cada una de las estaciones son suficiente para caracterizar las cuencas y los acuíferos. En este sentido, las estaciones meteorológicas se han subdividido en pluviométricas, termométricas y evaporimétricas.

-Idoneidad por curvas de descarga de Estaciones Fluviométricas: se refiere al criterio que se utiliza para determinar de modo indirecto la calidad del dato medido de caudales en Estaciones Fluviométricas, analizando la dispersión entre la curva de descarga de cada estación y los aforos.

Los criterios de evaluación escogidos se basaron en las propias definiciones que incluyen los registros del Banco Nacional de Aguas.

El cuadro siguiente es un análisis sintético de la idoneidad de la red hidrométrica de la DGA de la Región del Maule. Los datos y criterios para determinar el grado de idoneidad se encuentran detallados para las diferentes redes de estaciones en el documento (EH040) Análisis Crítico de la Red Hidrométrica de la DGA de la Región del Maule. En este documento se clasifica esta idoneidad en tres niveles: “Bueno” (B), “Regular”(R), y “Malo”(M) para algunas redes, se añade una cuarta clase, “Muy bueno” u “Óptimo”, que, con ánimo de simplificación, se han agrupado como “Bueno” en el cuadro elaborado.

Tabla 5-24 Idoneidad de la red hidrométrica

IDONEIDAD DE LAS ESTACIONES A NOVIEMBRE DE 2013, POR:	FLUVIOMÉTRICAS				METEOROLÓGICAS				SUBTERRÁNEAS			
	B	R	M	Total	B	R	M	Total	B	R	M	Total
Emplazamiento	61	1	1	63	47	6	1	54	4	0	0	4
Infraestructura (mantenimiento)	57	6	0	63	45	8	1	54	4	0	0	4
Ubicación espacial adecuada	60	2	1	63	31	22	1	54	Red actual insuficiente			
Cantidad de datos completos	57	3	3	63	53	0	1	54	Series de datos escasas en BNA			
Curvas de descarga Est. Fluviom.	30	21	12	63								
N° medio de estaciones	53	7	3	63	44	9	1	54	4	0	0	4
Valoración Idoneidad Global	84 %	10 %	5 %	100 %	81%	17%	2%	100%	Red escasa, no suficiente			
DISTRIBUCIÓN DE VARIABLES METEOROLÓGICAS					Bueno	Regular	Malo	Total	%			
Precipitación mensual					53	1	0	54	100 %			
Temperatura media mensual					7	3	7	17	19%			
Evaporación mensual					5	6	3	14	20%			
Total temperatura + evaporación					12	9	10	31	39%			

Fuente: (EH040) Elaboración propia a partir de los datos y criterios definidos en el documento Análisis Crítico de la Red Hidrométrica de la DGA de la Región VII Maule. DGA 2013

A nivel global la valoración de idoneidad de las estaciones fluviométricas y meteorológicas es buena, del orden del 84% para las primeras y del 81% para las segundas.

La limitación de la información fluviométrica está en la idoneidad de la representatividad de las curvas de descarga de algunas estaciones, para las que a nivel bueno están definidas por el 48% del total y a nivel regular por el 33%, lo que totaliza un 81%.

La limitación de la información meteorológica está en la idoneidad de la ubicación espacial de las estaciones, para las que a nivel "bueno" están definidas solo por el 57% del total y el 43% restante de las estaciones están situadas en una ubicación "regular", no del todo adecuada. En este sentido esta carencia se suma a la falta de estaciones meteorológicas en la Cordillera de la Costa y en la Alta Cordillera. Por otro lado, del análisis de tres de las variables de las estaciones meteorológicas, se deduce que las estaciones pluviométricas están representadas por el 98% del total, en tanto que las termométricas como las evaporimétricas están representadas en un 20% del total, descartando las malas.

La información de estaciones de nivel de las aguas subterráneas es escasa, tanto en el número de estaciones como en la longitud de las series de las cuatro estaciones existentes.

5.5.7. Propuesta de nueva Red Hidrométrica DGA

El estudio **(EH0040)** ***Análisis Crítico de la Red Hidrométrica de la DGA de la Región VII Maule***, noviembre de 2013, concluye con una propuesta de estaciones nuevas; en algunos casos se aprovechan las instalaciones existentes para medir nuevas variables.

En el caso de las estaciones fluviométricas se hace una propuesta de red estaciones generales y otra para fines especiales.

Entre la propuesta de nuevas estaciones, están aquellas en las que se hace referencia a las estaciones existentes en las que se aprovecha su

infraestructura para disponer de nuevas variables de medición las que se identifican como (S/existente).
Como estaciones generales (G), se proponen:

- Nuevas estaciones fluviométricas en cauces en zonas de Alta Cordillera, cauces en la Cordillera de la Costa, zona media de la cuenca del río Mataquito y en cauces de la provincia de Cauquenes.
- Adicionalmente y en algunos casos aprovechando la infraestructura de las estaciones fluviométricas se proponen estaciones sedimentológicas.
- Nuevas estaciones meteorológicas en zona de Alta Cordillera y Cordillera de la Costa.
- Nuevas estaciones de medición de aguas subterráneas en toda la región según los acuíferos, formado por seis acuíferos en la cuenca del río Mataquito y 16 acuíferos en la cuenca del río Maule.

Y dentro de la propuesta de estaciones para fines especiales:

- Estaciones fluviométricas asociadas a la actividad volcánica (EV), con medición de caudal, temperatura del agua, pH y conductividad eléctrica.
- Estaciones fluviométricas asociadas al efecto de embalse (EE), con medición de caudal y sedimentos en suspensión.
- Estaciones fluviométricas asociadas al control de crecidas e inundaciones (EC), con medición de caudal en forma continua formando parte de un sistema de alerta de crecidas y sedimentos en suspensión en algunos casos.

La tabla siguiente es una síntesis de la propuesta de nuevas estaciones de la red hidrométrica:

Tabla 5-25. Evolución Red Hidrométrica

TIPO DE ESTACIÓN	ESTACIONES VIGENTES DGA 2011	ESTACIONES VIGENTES DGA 2013	ESTACIONES VIGENTES A FEB 2016
Meteorológica	54	54	60
Fluviométrica	55	63	68
Sedimentometricas		5	5

Tabla 5-25. Evolución Red Hidrométrica			
TIPO DE ESTACIÓN	ESTACIONES VIGENTES DGA 2011	ESTACIONES VIGENTES DGA 2013	ESTACIONES VIGENTES A FEB 2016
Calidad de Aguas		31	31
Aguas subterráneas		4	4
Nivel de embalse		5	5
TOTAL	**109**	**162**	**173**

Fuente: Elaboración propia a partir del estudio (EH30) Análisis Crítico de la Red Hidrométrica de la DGA de la Región VII Maule. DGA Noviembre de 2013

Las estaciones hidrométricas propuestas para la región totalizan para las fluviométricas 21, para las sedimentológicas 10, para las meteorológicas 11 y para las subterráneas 22. En el Anexo 5-4 se recoge sendos listados de las estaciones fluviométricas, pluviométricas y subterráneas –en éstas se incluyen 31 pozos de extracción privados, además de las 4 estaciones de aguas subterráneas propias de la DGA–.

5.5.8. Resumen y conclusiones de la Red Hidrométrica existente DGA

Las conclusiones más importantes sobre el estado de la Red Hidrométrica existente de la DGA son las siguientes:

- La cantidad de estaciones existentes y vigentes de la DGA son capaces de proporcionar información suficiente para caracterizar las cuencas y subcuencas de la Región.
- En un alto porcentaje las estaciones están instaladas en la cuenca del Río Maule. En un menor porcentaje, en las cuencas de Alta Cordillera de la Región, en la parte sur, en la cuenca del río Mataquito, así como en las Cuencas Costeras.
- Las ***Estaciones Pluviométricas*** en general permiten representar la variabilidad orográfica; sin embargo, faltaría disponer de más información de la parte alta de la Cordillera, así como de las Cuencas Costeras.

- Las ***Estaciones Meteorológicas*** a través de las otras variables (temperatura, evaporación), en cuanto a variación espacial, están bien distribuidas, faltando densificar en zonas con variación de altitud, es decir tanto en la Cordillera de la Costa como en la zona de Alta Cordillera.
- El monitoreo en sectores costeros es poco denso y con estadística poco prolongada, resultando insuficiente para representar los regímenes hidrológico y meteorológico.
- Las ***Estaciones Fluviométricas*** en general permiten representar la variabilidad espacial del régimen de caudales. La información está más detallada en la cuenca del río Maule, en la parte central de la Región. La zona sur de la Región del Maule cuenta con escasa información.
  - Para atender las mediciones en caso de sequía o crecidas se estima necesario disponer de estaciones en la cuenca intermedia del río Mataquito, Alta Cordillera y estaciones para conocer la disponibilidad del recurso en forma de nieve.
  - Respecto del monitoreo de precipitación y caudales asociados a *datalogger*, es una opción que normalmente permite, a través de la información en tiempo real, hacer un seguimiento ante una hipotética emergencia por crecidas, considerando datos pluviométricos y fluviométricos.
  - Se debería incrementar el número de las estaciones, cubriendo las zonas en las cuales no se tiene información de precipitación ni caudal.
- Las ***Estaciones de Aguas Subterráneas*** son muy escasas en toda la Región, reduciéndose a dos en la cuenca del río Mataquito y otras dos en la cuenca del río Maule. En el Anexo 5-4 se incluyen los datos de estas 4 estaciones, junto con los correspondientes a 31 pozos de extracción privados integrados en la red de estaciones de la DGA, que han servido para controlar los niveles piezométricos de los diferentes acuíferos. La tabla siguiente recoge un resumen de los datos disponibles de esta red.

Por lo tanto, se debe contar con una red propia de pozos de observación y como consecuencia ampliarla. Los pozos privados y en explotación no permiten caracterizar los acuíferos, por un lado porque no dan acceso a su documentación, ni tampoco a sus propias redes de medición y por otro, porque en explotación los niveles medidos son los dinámicos y no los estáticos, debiendo hacer correcciones para hacer una estimación de los niveles estáticos. El catastro de las explotaciones tiene recopilado un total de unos 1.980 pozos en la región del Maule, lo que revela que el grado de explotación del agua subterránea es muy intensa, distribuidos en una sectorización de 16 acuíferos para la cuenca del río Maule y 6 para la cuenca del río Mataquito.

- La totalidad de las estaciones fluviométricas de la DGA analizadas en la actualidad (ver Anexo 5-4) suman unas 103, de las que unas 73 están tipificadas como vigentes, sin embargo de éstas solo unas 63 estaciones disponen de una longitud de datos como mínimo de los 10 últimos años, y 56 estaciones disponen como mínimo de los 20 últimos años.

La totalidad de las estaciones pluviométricas de la DGA analizadas en la actualidad (ver Anexo 5-4), están formadas por las propias de la Región del Maule, más las de cobertura de las Regiones VI y VIII sumando un total de 132 distribuidas en 72, 20 y 40 respectivamente, de las que unas 116 están tipificadas como vigentes, sin embargo, de éstas solo unas 100 disponen de una longitud de datos como mínimo de los últimos 10 años y unas 90 estaciones disponen como mínimo de los últimos 20 años.

5.6. REVISIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LAS REDES Y/O ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS PERTENECIENTES A OTRAS INSTITUCIONES.

En el estudio "Análisis y Valoración de la Funcionalidad de la Red Fluviométrica y Asignación de derechos de aprovechamiento" de la Dirección de Planeamiento – MOP 2006 aludido precedentemente- se establece que en el ámbito de la recolección de datos meteorológicos, la DGA no es el principal servicio con responsabilidades en esa materia, ya que esa

atribución corresponde a la Dirección Meteorológica de Chile (DMC), dependiente de la Dirección General de Aeronáutica Civil. En la práctica ambas instituciones coordinan sus atribuciones, de modo que la DGA orienta su actividad a la recolección de datos de interés para el adecuado conocimiento de los componentes del ciclo hidrológico en las diferentes cuencas, mientras que la DMC da especial atención a la obtención de datos en ciudades (en particular en aquellas con infraestructura aeronáutica) y a proporcionar un servicio de pronósticos meteorológicos y de información climática con fines generales y sinópticos.

Se indica a continuación, la red de estaciones meteorológicas existentes en la Región del Maule pertenecientes a instituciones ajenas a la DGA.

5.6.1. Sistema de la Red Agroclima FDF-INIA Y DMC

Tal como lo señala en su página Web, la Red Agroclima se ha constituido a partir de un convenio de colaboración entre distintas instituciones, las que han conectado sus estaciones meteorológicas en un sistema integrado que administra FDF.

Existen además convenios con universidades, empresas productoras y exportadoras de frutas, empresas agrícolas y diversas iniciativas afines que han visto la oportunidad de integrarse en una red de carácter nacional para potenciar y contribuir al desarrollo de diversas actividades tanto productivas como de investigación y otras.

La Red es un servicio que se financia con aportes de diversas instituciones del Estado y del sector privado.

Las siguientes instituciones o empresas participan en la Red Agroclima:

- Fundación para el Desarrollo Frutícola - www.fdf.cl
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias - www.inia.cl
- Dirección Meteorológica de Chile - www.meteochile.cl
- P. Universidad Católica de Valparaíso - www.pucv.cl
- Coprefrut S.A. - www.copefrut.cl
- Unifrutti Traders Ltda. - www.unifrutti.com

- Driscoll's de Chile S.A. - www.driscolls.cl
- Del Monte Fresh Produce Chile S.A. - www.freshdelmonte.com
- Exportadora Río Blanco Ltda. - www.rioblanco.cl
- Exportadora Subsole S.A. - www.subsole.cl
- Univiveros - www.univiveros.cl
- Exportadora Agua Santa S.A. - www.greentree.cl
- Prohens - www.prohenscopiapo.cl
- Universidad de Chile - www.uchile.cl
- CODESSER - www.codesser.cl

Listado de estaciones pertenecientes a la red de Agroclima en la región del Maule.

Tabla 5-26 Estaciones Red Agroclima FDF-INIA Y DMC

UPH	ID	Nombre	Comuna
2	1	Lontué	Molina
	2	Morza Norte	Teno
	3	Teno	Teno
	4	Tutuquén	Curicó
3	5	Rauco	Rauco
	6	Sagrada Familia	Sagrada Familia
6	7	Pencahue	Pencahue
7	8	Cauquenes INIA	Cauquenes
	9	Coronel del Maule INIA	Cauquenes
	10	Los Despachos INIA	Cauquenes
	11	Maule	San Javier
	12	Parral	Parral
	13	Parral Norte	Parral
	14	San Javier	San Javier

Tabla 5-26 Estaciones Red Agroclima FDF-INIA Y DMC			
UPH	**ID**	**Nombre**	**Comuna**
	15	Santa Sofia INIA	Cauquenes
	16	Sauzal INIA	Cauquenes
	17	Villa Alegre	Villa Alegre
8	18	Longaví Norte	Longaví
	19	Longaví Sur	Longaví
	20	Miraflores	Linares
	21	Yerbas Buenas	Yerbas Buenas
	22	Yerbas Buenas 2	Yerbas Buenas
	23	Colbún	Colbún
9	24	Chanco INIA	Chanco

Fuente: Citadas anteriormente

Son 24 estaciones en la región ofrecidas por estas instituciones, de las cuales 10 pertenecen a la UPH 7, sector con gran influencia agrícola.

5.6.2. Dirección Meteorológica de Chile (DMC)

Según su página WEB, la Dirección Meteorológica de Chile dependiente de la Dirección General de Aeronáutica Civil, es el organismo responsable del quehacer meteorológico en el país, cuyo propósito es satisfacer las necesidades de información y previsión meteorológica de todas las actividades nacionales. Su misión es proporcionar pronósticos, avisos e información de tiempo y clima para fines aeronáuticos y de otras actividades; realizar estudios e investigación en todas sus aplicaciones; administrar y preservar toda la información meteorológica nacional. Con el objetivo de mitigar daños por fenómenos atmosféricos, contribuyendo a proteger las personas, sus bienes y aportar en el desarrollo socio-económico del país, en un marco de eficiencia, eficacia y de acuerdo a estándares de calidad.

Listado de estaciones pertenecientes a la red de la DMC en la región del Maule.

Tabla 5-27 Estaciones Red Dirección Meteorológica de Chile (DMC)

UPH	ID	Nombre	Codigo	Comuna
1	1	Llico Reserva Laguna Torca	340023	Vichuquén
2	2	General Freire Curicó AD.	340031	Curicó
3	3	Iloca ESSAM	340027	Licantén
	4	Licantén ESSAM	340030	Licantén
4	5	Curepto ESSAM	350002	Curepto
6	6	Panguilemo	350028	Talca
	7	Villa Longavi	350017	Longavi
7	8	Cauquenes ESSAM	350018	Cauquenes
	9	Digua Embalse	360006	Parral
	10	Bullileo Embalse	360007	Parral
8	11	Santa Marina De Putagan	350011	San Javier
9	12	Chanco Reserva Federico Albert	350033	Chanco

Fuente: Datos Ofrecidos por DMC, 2016

En total la DMC distribuye 12 estaciones meteorológicas de las cuales 4 pertenecen a UPH 7. La página web dispone de dos estaciones en línea.

5.6.3. Proyecto EVE (Entorno de Visualización Electrónico de Datos Agroclimatológicos)

El desarrollador del proyecto EVE es el Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA), cuya Misión tal como se indica en su página Web, es realizar investigación científica y aplicada en el ámbito del riego, modelamiento biomatemático y agricultura de precisión; transferir sus resultados al sector productivo y apoyar la docencia de pre-grado y post-grado en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Talca. Su visión es posicionarse como un Centro de referencia Nacional e Internacional, que contribuya a la optimización del uso del agua a nivel predial a través de la incorporación de técnicas de manejo con alto nivel tecnológico, no solo para la obtención de altos rendimientos y calidad de los

productos agrícolas, sino también minimizar sus costos y preservar el medio ambiente.

Por otra parte, los participantes a dicho proyectos son los siguientes:

Meteovid, Red Meteorológica de Vinos de Chile: primera red de estaciones meteorológicas de la industria del vino formada por los Consorcios del Vino, Vinnova , Tecnovid y Vinos de Chile A.G, que abarca desde el Valle de Elqui hasta el Valle del Bío y cuenta con 56 estaciones marca ADCON de última generación. Esta red provee a todas las viñas de información meteorológica en línea y en tiempo real: una general que es de libre acceso y otra premium que entrega servicios específicos.

SEPOR, Servicio de Programación y Optimización del Uso del Agua de Riego: en las áreas regadas de los ríos Maule Norte y Longaví en la VII Región" (SEPOR) es un proyecto de la Comisión Nacional de Riego (CNR), ejecutado por el Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA) de la Universidad de Talca. El SEPOR consta de un sistema informático para la gestión hídrica que permite entregar a los productores información climática básica (temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, radiación solar y precipitaciones) y procesada (evapotranspiración, tiempos de riego y frecuencias de riego), para programar el riego de los cultivos, hortalizas, frutales y viñas.

Listado de estaciones pertenecientes a la red del Proyecto EVE – CITRA UTALCA en la región del Maule.

Tabla 5-28 Estaciones Red CITRA UTALCA

UPH	ID	Nombre	Comuna
2	1	Viña Aresti	Molina
	2	Viña San Pedro	Molina
3	3	Viña Terramater	Sagrada Familia
	4	Viña El Aromo	San Rafael
	5	Viña San Pedro	Pencahue
	6	Estación Experimental Panguilemo	Pelarco
	7	El Manzano	Pelarco

Tabla 5-28 Estaciones Red CITRA UTALCA			
UPH	**ID**	**Nombre**	**Comuna**
	8	Quepo	Pencahue
	9	San Clemente	San Clemente
6	10	Bajo Lircay-Endesa	San Clemente
	11	Mariposas-Endesa	San Clemente
	12	Bramadero-Endesa	San Clemente
	13	Duao	San Clemente
	14	San Miguel	San Clemente
	15	El Llano	San Clemente
	16	Parral Quillaimo	Parral
	17	Parral	Parral
7	18	Viña Odfjill	Parral
	19	Viña Undurraga	Cauquenes
	20	Agrícola La Concordia	Cauquenes
	21	Viña Carta Vieja	Villa Alegre
	22	Viña J. Bouchon	San Javier
	23	Liceo Colbún	Colbún
	24	Colbún-Frucol	Colbún
	25	La Querencia	Colbún
	26	La Estancia	Yerbas Buenas
8	27	Marta Martinez	Yerbas Buenas
	28	Agrícola Santa Elena	San Javier
	29	San Víctor Alamos	Linares
	30	La Posada	Linares
	31	Palmilla	Linares
	32	Huapi FIC	Linares
	33	Longavi-El Almendro	Longavi
	34	Longavi-La Sexta	Longavi
9	35	Viña Torres	Empedrado

Fuente: Red CITRA UTALCA

5.6.4. Resumen y conclusiones

La red en general presenta un déficit de Estaciones Hidrométricas en la región del Maule en general, siendo predominantes en la UPH 6 las estaciones fluviométricas.

La situación actual de utilización del recurso hídrico requiere de una red con mayor cobertura. El criterio de estaciones mínimas ha dejado de ser relevante ya que el desarrollo tecnológico lo hace posible, incluso superando las restricciones presupuestarias por las bajas sostenidas de valor en los equipos.

En los últimos cinco años, la red fluviométricas de la DGA se ha incrementado en algo más de una docena de estaciones y su instrumentación ha pasado del 55% al 65%. Por otro lado, la red meteorológica de la DGA se mantiene en el número de estaciones. Sin embargo su instrumentación ha pasado del 19% al 33%.

A nivel global la valoración de idoneidad de las estaciones fluviométricas y meteorológicas es buena, del orden del 84% para las primeras y del 81% para las segundas.

En este sentido, esta carencia se suma a la falta de estaciones meteorológicas en la Cordillera de la Costa y en la Alta Cordillera. Por otro lado del análisis de tres de las variables de las estaciones meteorológicas, se deduce que las estaciones pluviométricas están representadas por el 98% del total, en tanto que las termométricas como las evaporimétricas están representadas en un 20% del total, descartando las malas.

Por lo tanto, se debe disponer de información con más detalle para los balances hídricos y para la identificación de los componentes de la escorrentía, necesario para conocer la disponibilidad y umbrales de escasez.

Al considerar las estaciones meteorológicas ajenas a la DGA en conjunto con las de ésta última, se visualiza una concentración de estaciones de mediciones meteorológicas en las UPH 2, cuenca alta del Mataquito; UPH 6, cuenca media y baja del Maule; UPH 7, cuenca del Perquilauquen y en UPH 8, cuenca del Loncomilla. Por otra parte, en las UPH 1, cuenca costera entre límite norte y Mataquito; UPH 4, cuenca costera Mataquito-Maule y UPH 5,

cuenca alta del Maule, se denota una fuerte ausencia de medición de datos meteorológicos debiendo a futuro reforzar la instalación de estaciones en estas UPH.

Tabla 5-29 Resumen estaciones Meteorológicas Regionales del Maule, distribuidas por UPH

INSTITUCION	UPH Región del Maule									SUBTOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
DGA	0	11	1	1	1	11	8	13	0	46
AGROCLIMA	0	4	2	0	0	1	10	6	1	24
DMC	1	1	2	1	0	1	4	1	1	12
CITRA UTAL	0	2	1	0	0	12	5	14	1	35
SUBTOTAL	1	18	6	2	1	25	27	34	3	117

Fuente: Elaboración Propia

5.7. CONSERVACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA Y DE PROTECCIÓN DE INUNDACIONES Y CRECIDAS

5.7.1. Defensas Fluviales

En este último tiempo la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) del MOP, se encuentra desarrollando una importante cartera de construcción de defensas fluviales en las Provincias de Curicó, Talca y Linares para proteger sectores poblados y terrenos agrícolas.

Con estas obras busca proteger terrenos aledaños a los ríos que en la época invernal del año crecen. Estas son obras que muchas veces no se ven pero que tienen una gran utilidad para miles de vecinos y terrenos agrícolas, que son protegidos de las inundaciones

Las iniciativas en los ríos Teno, Mataquito, Maule, Loncomilla y Achibueno son financiadas por el Gobierno Regional (GORE) del Maule por un monto superior a los $2.800 millones.

En la ribera norte del río Teno, frente a la localidad de Viluco en las inmediaciones de la Ruta 5 Sur, se implementaron 540 metros lineales de roca que van de los 300 a los 3500 kilos de roca, con un monto de inversión de $324 millones, beneficiando a 2.500 personas.

En el mismo cauce pero en el sector de Los Guindos de la Comuna de Curicó, se conservaron 630 metros de ribera, con una inversión de $334 millones y 900 beneficiados.

En el Río Mataquito sector de Constantue de la comuna de Curepto, las obras ejecutadas tienen una longitud de 600 metros, con $318 millones de inversión y 1.700 beneficiados.

Aguas abajo en el sector Orilla de Navarro, Comuna de Hualañé, las obras consideraron 500 metros de enrocado, $291 millones de inversión y 900 beneficiados.

En el Río Achibueno, sector Huapi de la Comuna de Linares, se revistieron una longitud de 590 metros. Esta estructura se deterioró con las crecidas del cauce y terminó de colapsar por completo con las crecidas del año 2008, por lo cual se hizo imprescindible su conservación, con una inversión de $394 millones y 1.500 beneficiados.

En Orilla de Maule, comuna San Javier, se conservó la ribera en una longitud de 640 metros, con $408 millones de inversión y 3.800 beneficiados.

En el Río Loncomilla, en el sector La Orca de la comuna de Villa Alegre, se está trabajando en la colocación de roca en una extensión de 310 metros, con una inversión de $346 millones y 2.000 beneficiados.

En el Río Achibueno, sector Pastor Gaete de la comuna Linares, las obras corresponden a conservación de revestimiento de ribera, en una longitud de 600 metros, con $391 millones de inversión y 2.800 beneficiados.

5.7.1.1. Proyectos Regionales

Se detallan en la tabla a continuación, los proyectos realizados en la región relevantes a obras fluviales.

Tabla 5-30 Obras Fluviales Región del Maule

Proyecto	Ubicación	Monto original del contrato	Plazo original del contrato	Fecha de inicio	Fecha término legal	Descripción
Conservación Defensas Fluviales Río Mataquito, sector El Corazón, comuna de Rauco, Región del Maule	Zona ribereña al Río Mataquito, sector El Corazón	$231.167.429	120 días	1° de junio de 2012	28 de septiembre de 2012	El proyecto consistió en resumen en la construcción de un enrocado de revestimiento para la ribera derecha del Río Mataquito, con el objeto de proteger asentamientos humanos y terrenos agrícolas, ubicado en el sector "El Corazón" comuna de Rauco. La ejecución contempló la intervención de dos sectores, el primero cuyo largo comprendió 594 m con espesor de 2 m y altura de 5,50 m, y el segundo, con una longitud de 107,85 m, con espesor de 2 m y altura de 5 m, ambos debían ser construidos con roca cuyo peso fluctuara entre los 500 y 3.500 kilogramos.
Conservación Defensas Fluviales Río Lircay, sector Lagunillas, comuna de Pelarco, Región del Maule	Sector Lagunillas de la comuna de Pelarco	$218.904.673	105 días	1° de junio de 2012	14 de septiembre de 2012	El proyecto consistió en síntesis, en la construcción de una defensa fluvial basada en un enrocado de revestimiento para la ribera derecha del Río Lircay, con el objeto de proteger asentamientos humanos y terrenos agrícolas, ubicado en el sector "Lagunillas", comuna de Pelarco, provincia de Talca. La construcción contempló dos sectores, el primero con una longitud de 360 m, con espesor de 2 m y altura variable de 5,5 m a 6 m, y el segundo, cuyo largo comprendió 125.80 m, con espesor de 2 m y altura de 6,5 m, ambos debían ser construidos con roca cuyo peso fluctuara entre los 500 y 3.500 kilogramos.
Conservación Defensas Fluviales Río Teno, sector Isla de Marchant, comuna de Curicó, Región del Maule	Comuna de Curicó	$269.778.563	90 días	22 de septiembre de 2012	21 de diciembre de 2012	El proyecto consistió, en síntesis, en la construcción de una defensa fluvial en base a un enrocado de revestimiento para la ribera del río Teno, en el sector Isla Marchant, Comuna de Curicó. La construcción contempló dos sectores, el primero con una longitud de 594 m, con espesor de 2 m y altura de 5,5 m, y el segundo, comprendió un largo de 107,85 m, con espesor

Tabla 5-30 Obras Fluviales Región del Maule

Proyecto	Ubicación	Monto original del contrato	Plazo original del contrato	Fecha de inicio	Fecha término legal	Descripción
						de 2 m y altura de 5 m, ambos debían ser construidos con roca cuyo peso fluctuara entre los 500 y 3.500 kilogramos.
Conservación Defensas Fluviales Río Achibueno, Sector Pastor Gaete, comuna de Linares, Región del Maule	Linares	$407.938.331	150 días			El proyecto en síntesis, es la construcción de una defensa fluvial de 600 metros lineales en base a un enrocado de revestimiento para la ribera del río Achibueno en el sector Pastor Gaete, Comuna de Linares. Corresponden a las obras de conservación de revestimiento de ribera, con roca de 200 a 3500 Kg, esta estructura se deterioró con las crecidas del Río Achibueno del año 2006 y termino de colapsar por completo con las crecidas del año 2008, por lo cual se hace imprescindible su conservación, con la finalidad de proteger los terrenos agrícolas y asentamientos humanos del sector de Pastor Gaete, comuna de Linares.
Conservación Defensas Fluviales Río Achibueno, Sector Huapi y Pastor Gaete Etapa II y Río Lircay, Sector Carretones, comuna de Linares y San Clemente, Región del Maule		$232.883.000	120 días			El proyecto, en síntesis, es la construcción de defensas fluviales de 200 metros lineales en base a un enrocado de revestimiento para la ribera del río Achibueno y espigones, en el sector Huapi Etapa II.
Conservación Defensas Fluviales Río Teno, Sector Viluco, comuna de Teno, Provincia de	Comuna de Teno	$463.078.980	120 días			El proyecto es la construcción de defensas fluviales de 540 m lineales, en base a un enrocado de revestimiento para la ribera del río Teno, corresponde a las obras de conservación de revestimiento de ribera con roca de 200 a 3500 Kg, esta estructura se deterioró con las crecidas del Río Teno del año 2006 y termino de colapsar por completo con las crecidas del

Tabla 5-30 Obras Fluviales Región del Maule

Proyecto	Ubicación	Monto original del contrato	Plazo original del contrato	Fecha de inicio	Fecha término legal	Descripción
Curicó, Región del Maule						año 2008, por lo cual se hace imprescindible su conservación y restitución, con la finalidad de proteger los asentamientos humanos del sector de Viluco, comuna de Teno.
Conservación Defensas Fluviales Río Teno, Sector Isla de Marchant, comuna de Curicó, Región del Maule	Comuna de Curicó	$280.511.084	90 días			El proyecto es la construcción de 2 tramos de defensas fluviales, que consiste en un revestimiento de enrocado que se divide en dos sectores próximos entre sí. El primer sector cuyo largo es de 594 m, con espesor de 2 m y una altura 5,5 m, cuyas secciones tipo están definidas en el plano que se presenta más abajo. En cuanto el segundo sector, es de un largo de 108 m con un espesor de 2 m y de altura 5 m, los que se construyen con roca de 200 a 3.500 K, la que se encontrará colocada de acuerdo al proyecto.
Conservación Defensas Fluviales Río Mataquito, Sector El Molino, comuna de Hualañe, Región del Maule	Comuna de Hualañe	$230.000.000	60 días			El proyecto de construcción de defensas fluviales de 316 m lineales, con espesor de 2 m y cuyas secciones tipo están definidas en el plano del proyecto, el que debe construirse con roca de 200 a ≥ 3.500 Kg, la que se colocará de acuerdo a la disposición que se indica en el plano de proyecto.
Conservación Defensas Fluviales Río Perquilauquén, Sector Huenutil Bajo, Región del Maule	Comuna de Parral	$173.506.760	120 días			El proyecto corresponde a las obra de construcción de un revestimiento de enrocado, con el objetivo de proteger asentamientos humanos y terrenos agrícolas en zona ribereña al río Perquilauquén, sector Huenutil Bajo, comuna de Parral, provincia de Linares, además de controlar los procesos erosivos que se desarrollan en la ribera izquierda, que consiste en la construcción de un nuevo revestimiento de enrocado cuyo largo es de 210 m, con un espesor de 2 m y una altura de media de 7,5 m, cuyas secciones tipo están

Tabla 5-30 Obras Fluviales Región del Maule

Proyecto	Ubicación	Monto original del contrato	Plazo original del contrato	Fecha de inicio	Fecha término legal	Descripción
						definidas en el plano del proyecto, el que debe construirse con roca de 500 a ≥ 3.500 Kg.
Conservación Defensas Fluviales Río Lontué, Sector Tutuquen Bajo y Convento Viejo, comuna de Curicó, Región del Maule	Curicó	$193.376.904	105 días			El proyecto es la construcción de 2 tramos de defensas fluviales que consiste en un revestimiento de enrocado que se divide en dos sectores próximos entre sí. El primer sector Tutuquén, cuyo largo es de 283 m, con espesor de 2 m y una altura 8 m, cuyas secciones tipo están definidas en el plano que se presenta más abajo. En cuanto el segundo sector Convento Viejo, es de un largo de 151 m con un espesor de 2 m y de altura 7,5 m, los que se construyen con roca de 200 a 3.500 kg, la que se encontrará colocada de acuerdo al proyecto.

Fuente: Elaboración propia

5.7.2. Resumen de obras fluviales

Las defensas fluviales en la región del Maule se han ido incorporando desde la década de los 70, estas eran utilizadas principalmente en la protección de estribos de puentes y para evitar la socavación de la estructura. Actualmente se han ido incorporando para la protección de bordes ribereños, cultivos y poblados, del aumento de los cauces por efecto de las lluvias.

Una característica importante de los ríos Achibueno, Lontué, Perquilauquén, Maule, Claro, Lircay, Guaiquillo y Teno son los sectores cercanos a la Ruta 5, ya que la mayoría de ellos presentan problemas en común que se han tratado de forma similar.

En atención de las características comunes de los ríos Achibueno, Lontué, Perquilauquén, Maule, Claro, Lircay, Guaiquillo y Teno, los proyectos de defensas fluviales en estos ríos se acometen adoptando los mismos criterios. En primer término se ha considerado la conveniencia de construir muros guías en las zonas de aproximación a los puentes, con lo cual se mejora notablemente la situación de la solicitación sobre pilas y estribos al evitar el ataque excesivamente oblicuo contra ellos. Mediante estos elementos se logran dos efectos importantes: se disminuye considerablemente la socavación local en pilas y estribos, y se protegen los terraplenes de acceso al evitar la existencia de corrientes paralelas al pie de ellos y producir una defensa natural por medio de las aguas muertas que quedan retenidas por los muros guía. El segundo criterio de diseño común adoptado, consiste en desplazar en lo posible y siempre que lo permita la geometría de las secciones, las protecciones existentes hacia una cota inferior por debajo de la cota de socavación generalizada calculada para el lecho en cada caso. En los casos en los que no existen protecciones de fondo y sean necesarias, se ha consultado su colocación siguiendo el mismo criterio enunciado anteriormente. Una pequeña variante de dicho criterio lo constituye la protección a base de colchonetas de gaviones, cuya flexibilidad permite su colocación a niveles ligeramente superiores a la cota de socavación generalizada cuando ésta es muy profunda. En estos casos, el extremo de la colchoneta se desplaza hacia abajo hasta llegar a la cota de equilibrio

constituyendo la protección buscada. En lo que se refiere a la profundidad de fundación de los muros guías, estos se han hecho variables, disminuyendo a medida que se abren y con ello, la profundidad de socavación generalizada del lecho también disminuye.

Para el dimensionamiento de las obras de protección se adopta una crecida de diseño con un periodo de retorno de 200 años. La razón que justifica esta elección se encuentra en el hecho que los ejes hidráulicos, velocidades y profundidades de socavación varían relativamente poco para períodos de retorno comprendidos entre 50 años y 200 años, con lo cual se tiene un pequeño aumento del costo de las obras pero una seguridad de diseño mucho mayor.

Este mismo criterio se aplica en las zonas de inundación en los bordes ribereños de los ríos para proteger estos, de crecidas anteriores o futuras que se puedan producir.

5.8. CONTROL DE AGUAS LLUVIA

Los Planes Maestros de evacuación y drenaje de aguas lluvias de la Región elaboran un estudio de los problemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias del área de estudio para proponer una solución integral de las aportaciones. Además obtiene un diagnóstico de la infraestructura, define un área de inundación de los cursos naturales. Todo ello con el fin de obtener una evaluación económica y criterios de inversión de implementación de la red primaria y sistema complementario de evacuación y drenaje.

Se analizó cuatro Planes Maestros en la Región:

- Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. 2000. Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias Talca, y SIGA Ingeniería y Consultoría S.A. 2008. Implementación de un Sistema De Información Geográfica Para la Gestión del Plan Maestro de Aguas Lluvias de Talca
- Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. 2002. Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias Curicó
- Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. 2002. Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias Linares

- Luis Arrau del Canto. 2010. Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias Constitución

Estos informes contienen los antecedentes generales, estudios básicos en la zona y la infraestructura existente. Con el diagnostico presentan las soluciones. Por lo tanto las conclusiones de dichos planes se determinan en la siguiente Tabla 5-31.

Tabla 5-31 Resumen de las conclusiones de Planes Maestros de evacuación y drenaje de Aguas Lluvias de la Región del Maule.

Plan Maestro	Descripción de conclusiones
2000. Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias Talca	No presenta graves problemas a la infraestructura si no a problemas ocasionados por los cauces que atraviesan la cuidad. Esta estructura de drenaje principal está compuesta por los ríos Claro y Lircay; los esteros Piduco, Cajón, Calicanto y Unihue y el canal Baeza. La red unitaria se deduce que puede evacuar una tormenta de un periodo de retorno de 10 años. Pero se observó que no es así debido al mantenimiento. La red separada no presentan buena eficiencia, el 33% no pueden evacuar crecidas de T=2 años. En primer lugar se consideran como red primaria algunos de los cauces receptores de los sistemas de drenaje definidos en el patrón de drenaje. Los cauces receptores que forman parte de la red primaria corresponden al Estero Piduco, Canal Baeza, Estero Cajón, Estero Calicanto y el Estero Unihue y quebradas evacuadoras definidas en el Plan. Además se incorporan las obras analizadas o proyectadas que cumplan las condiciones establecidas. Por su parte la Red Complementaria que corresponde a todos aquellos elementos del sistema de drenaje que no forman parte de la Red Primaria.
2002. Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias Curicó	Verifica 36 puntos críticos respecto del riesgo de anegamiento por aguas lluvias, afecta un total de 6,3 ha de las cuales 4,6 pertenecen a zona urbana, 0,5% del total del área urbana. La solución integral consiste en la construcción de la red primaria de 68,7 Km más 8 Km de mejora de cauce. Esto se subdivide en 26 proyectos independientes. Aporta unas recomendaciones para la mejora del Plan Maestro y gestión y operación de drenaje de aguas lluvias (dotar de estaciones pluviométricas locales, plan de monitoreo de la red, mejoramiento de la base de datos hidrometorológica, implementar un sistema de mediciones en la red, entre otros). Se define la Red Primaria como parte de los cauces receptores de los sistemas de drenaje definidos en el patrón de drenaje. Los cauces receptores que forman parte de la red primaria corresponden a los esteros Guaiquillo, Quetequete, Chequenlemo y Los Cristales en sus tramos ubicados dentro del área de estudio. Las quebradas evacuadoras que también forman parte de esta red primaria son las quebradas El Litre, Mataquito y La Cañada. Y las obras realizadas tras el Plan Maestro que siguen los criterios definidos.

Tabla 5-31 Resumen de las conclusiones de Planes Maestros de evacuación y drenaje de Aguas Lluvias de la Región del Maule.

Plan Maestro	Descripción de conclusiones
2002. Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias Linares	Principalmente el sistema de aguas lluvias es unitario. Cobertura de evacuación baja, existen áreas sin redes de drenaje. Mal estado de la infraestructura con alto grado de embanque e incluso daños estructurales. Se obtuvo como solución el remplazo por nuevos colectores de algún red. Los problemas ocasionados por aguas lluvias especialmente en la zona norponiente. La baja cobertura implica flujos en las calles por cualquier tormenta. Mayores problemas ocasionados por desbordes de los canales que cruzan la cuidad, causando inundaciones de gran magnitud. Se obtuvo un total de 19 sistemas con agrupaciones de proyectos de los cuales se evaluaron 10, se priorizaron en 3 categorías. Para la definición de las redes primarias y secundarias se estableció que en el caso de los colectores la red primaria es aquella de diámetros iguales o superiores a 700 mm. Además se definió que todos los cauces naturales, las descargas del sistema de aguas lluvias y los canales principales deben formar parte de la red primaria. De la aplicación de los criterios indicados a la red existente y proyectada, se obtuvo una extensión total de la red primaria de 61.571 m (1.257 m existente al 2002), de los cuales 26.305 m corresponden a colectores, mientras que la red complementaria tiene una extensión de 20.852 m, de los cuales 19.410 m corresponden a colectores. Sin considerar los cauces naturales del sistema primario, la red primaria corresponde a un 72,4% del sistema completo, mientras que la red complementaria corresponde al 27,6%.
2010. Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias Constitución	Se identificó dos grupos de problemas. El primero son vertidos ilegales en esteros y el segundo construcción de viviendas. Se propuso y evaluó 12 subsistemas o soluciones específicas en la red secundaria. Dichas propuestas se evaluaron según prioridades a corto, mediano y largo plazo. Sobre la base de los estudios hidráulicos y de terreno, considerando los criterios de la DOH, se ha definido una red primaria para los sistemas Estero El Carbón, Estero Mapochito y Estero Las Ánimas. Las recomendaciones consideradas son normativas relativas a planificación de zona urbana, proceso de actualización del Plan Maestro, implementación de las propuestas no estructurales. Las medidas no estructurales son información y educación, control y uso de suelo, sistemas de alerta y emergencia, medidas de no anulabilidad, seguros, institucionalidad general.

Fuente Elaboración Propia en base a los documentos citados.

La DOH ha construido colectores primarios en Linares: colector Dren Yungay y colector Cuellar Urbanizado, en Villa Alegre: Colector Julio Tapia, en Curicó: Colector Trapiche.

5.9. SITUACIÓN DE ALERTA DE CRECIDAS

En la Región del Maule la DGA monitorea 40 estaciones Fluviométricas, 27 Pluviométricas y 4 Estaciones niveles. De las cuales 26 estaciones Fluviométricas y 10 estaciones Pluviométricas tienen límites establecidos de alerta, como se observa en las tablas.

Tabla 5-32 Niveles de alerta en estaciones Fluviométricas

Estación	Límite azul	Límite amarillo	Límite rojo
07104002-K Teno después de Junta	3.11	3.84	4.3
07112001-5 Colorado en Junta con Palos	2.57	3.38	3.9
07115001-1 Palos en Junta con Colorado	1.97	2.32	2.5
07123001-5 Río Mataquito en Licantén	5.5	6.4	7
07300001-7 Río Maule en Desagüe Laguna Del Maule	2.8	3.5	4.2
07303000-5 Río Maule en los Baños	4.8	5.4	6
07306001-K Río Cipreses en Desagüe Laguna la Invernada	2.5	3	3.5
07308001-0 Estero Las Garzas	2.5	3	3.5
07308002-9 Maule b Bt. Maule C. Pehuenche	12	13	14
07317002-8 Cn Melado en los Hierros	3.2	3.25	3.3
07317003-6 Melado en Zona Presa	14	14.5	15
07317005-2 Melado en el Salto	3.2	3.8	4.3
07320003-2 Río Claro en San Carlos	16	16.5	17
07321002-K Maule en Armerillo	4	4.5	5
07321005-4 Cn Evac. C Pehuenche	4	4.5	5
07322001-7 Maule Longitudinal	4	4.6	5
07330001-0 Perquilauquen San Manuel	4.5	5	5.5
07350001-K Longaví Quiriquina	4.01	4.9	5.4

Tabla 5-32 Niveles de alerta en estaciones Fluviométricas

Estación	Límite azul	Límite amarillo	Límite rojo
07350002-8 Río Bullileo en Santa Filomena	2.4	2.9	3.3
07354002-K Achibueno Recova	2.27	2.74	3
07355002-5 Ancoa El Morro	2.46	3.13	3.5
07359001-9 Loncomilla Brisas	4.93	5.95	6.5
07378012-8 Q Colorado Ds Lag Temos	2	2.4	2.8
07378013-6 Q Colorado b S. Maitenes	2	2.8	3.5
07379002-6 Claro Rauquén	4	5.3	6.2
07383001-K Maule en Forel	9	11.2	12.47

Fuente: DGA, 2016. dgasatel.mop.cl- revisado Junio 2016

Tabla 5-33 Niveles de alerta en estaciones Pluviométricas

Estación	Límite azul	Límite amarillo	Límite rojo
07104002-K Teno después de Junta	4	5	7
07115001-1 Palos en Junta con Colorado	4	5	7
07317005-2 Melado en el Salto	5	7	9
07321002-K Maule en Armerillo	5	7	9
07330001-0 Perquilauquen San Manuel	5	7	9
07350001-K Longaví Quiriquina	5	7	10
07355002-5 Ancoa El Morro	4	6	8
07359001-9 Loncomilla Brisas	5	7	9
07379002-6 Claro Rauquén	5	7	9
07383001-K Maule en Forel	5	7	9

Fuente: DGA, 2016. dgasatel.mop.cl- revisado Junio 2016

En el informe de la DGA Análisis Crítico RHN Etapa II (EH040), se consultó a los directores regionales acerca de la funcionalidad de la red. Se indicaron aspectos operacionales, aspectos de diseño, aspectos de objetivo de la red y aspectos estratégicos. Relevante a la mitigación de crecidas se indicó

necesario disponer de estaciones en cuenca intermedia del río Mataquito, alta cordillera y estaciones para conocer la disponibilidad del recurso en forma de nieve. Se propone incrementar en número de sensores en las estaciones, ya que en oportunidades se producen zonas ciegas en los cuales no se dispone de información de precipitaciones que permitan prever alguna crecida.

5.10. RESUMEN Y CONCLUSIONES

En este capítulo se han analizado las diferentes fuentes de información referentes a las distintas obras hidráulicas que conforman la región. Siendo estas obras de acumulación, infraestructura de riego, infraestructura de tratamiento de aguas, red hidrométrica y defensas fluviales.

En cuanto a la información contenida en este catastro cabe hacer los siguientes comentarios:

En la región se encuentran 10 obras de acumulación, categorizadas como embalses mayores ubicadas en 5 Unidades de Planificación Hídrica (UPH) de la siguiente forma: UPH 2 (Embalse Planchón), UPH 5 (Laguna Invernada, Laguna del Maule y Embalse Melado), UPH 6 (Colbún), UPH 7 (Digua y Tutuvén), UPH 8 (Bullileo, Ancoa y Machicura). Dando un total de 3.792 hm^3 regulados, de los cuales solamente 73 hm^3 pertenecen a la cuenca del Río Mataquito.

Según los datos del Ministerio de Energía, 18 Centrales de Generación Hidroeléctrica se encuentran en la región. La Unidad de Planificación 8 (UPH 8) dispone de 490.000 kW de capacidad instalada, seguido de la Unidad de Planificación 5 (UPH 5) con una capacidad total instalada de 332.170 kW.

La infraestructura de riego se centra en los valles centrales de los grandes rio. Con un total de 8.700 km aproximados de canales principales, secundarios y derivaciones, las UPH 2, 6, 7, y 8 disponen casi del total de la misma. La infraestructura de riego se divide en 8 sistemas importantes de riego que son:

- Sistemas en la UPH 6:
  - Río Claro

- Maule
- Pencahue

- Sistemas en la UPH 7:
  - Digua- Perquilauquén
  - Cauquenes- Tutuvén
- Sistemas en la UPH 8:
  - Melozal
  - Melado
  - Bullileo-Longaví

En la Tabla 5-4 se presentan los trasvases y/o transportes de agua por canales entre las UPH o cuencas pertenecientes a otras regiones.

Respecto al tratamiento de agua en la región existen 267 sistemas de agua potable según el último catastro de la Dirección de Obras Hidráulicas, de los cuales el 73% son captaciones subterráneas. El catastro se complementa con las 29 plantas de tratamiento de aguas servidas que distintas cooperativas privadas operan en la región.

6. DIAGNÓSTICO DE CALIDAD DE AGUAS

6.1. METODOLOGÍA

A continuación se presenta la metodología que permite dar cumplimiento a cada uno de los objetivos específicos planteados para este capítulo.

- Revisión de antecedentes.
  Se realizará una acabada revisión de los antecedentes disponibles sobre la legislación de calidad de aguas, red de calidad de aguas de la Dirección General de Aguas, estudios específicos y otras fuentes, que aporten antecedentes sobre la calidad de las aguas y eventuales conflictos asociados, en la región.

- Evaluación de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.
  Se describirá la calidad de las aguas superficiales y subterráneas para cada una de las unidades hidrológicas definidas en la región. Para esto se revisarán las estadísticas contenidas en la red de calidad de aguas superficiales de la DGA, estudios específicos realizados en la región que contengan tomas de muestras validadas, así como fuentes puntuales (APR, por ejemplo), e información de prensa sobre conflictos específicos que pudieran ser indicadores de conflictos no detectados.

- Evaluación de la red de calidad de aguas de la DGA.
  Con el propósito de evaluar la distribución y cobertura de la red hidrométrica de la Dirección General de Aguas, se revisará la distribución de las estaciones de calidad de aguas, los parámetros monitoreados, las series de tiempo y su relación con los factores que inciden actualmente en la calidad de aguas de cada unidad.

- Evaluación de la disponibilidad de información.
  Con el propósito de identificar la disponibilidad de información de calidad de las aguas a nivel regional y en cada uno de los sectores, se realizará una revisión detallada de los estudios disponibles. Este análisis se refiere

tanto a la cobertura espacial, temporal, como de parámetros analizados en el tiempo, tanto para aguas superficiales como subterráneas. Se determinará la solidez de la información disponible, así como vacíos de información en alguna de las dimensiones evaluadas.

- Evaluación de los factores que afectan la calidad de las aguas.
  Con el propósito de evaluar las fuentes que afectan negativamente la calidad de las aguas en la región y en cada territorio, se realizará una recopilación de las actividades humanas que resulten en la regulación de cuencas (centrales hidroeléctricas), descargas de residuos líquidos (industrias y forestal), contaminación por infiltración o percolación desde tranques de relave, rellenos sanitarios, vertederos, contaminación difusa producto de actividades agrícolas (fertilización y pesticidas), o bien cambios en los aportes de sedimentos producto de cambios de uso del suelo (actividad forestal), entre otros.
  Estas actividades serán evaluadas, ya sea que se encuentren operativas en la actualidad, o correspondan a pasivos ambientales.

- Evaluación de demandas de calidad del agua para distintos usos.
  Con el propósito de evaluar las demandas de calidad de agua para distintos usos en la región y específicamente los conflictos que se puedan producir debido a deficiencias de calidad, se describirán los principales elementos que requieren calidad de las aguas, como centros poblados y puntos de captación de agua para consumo humano, puntos de captación de agua para riego (superficiales y subterráneas), zonas de recreación (balnearios), áreas silvestres protegidas y zonas de protección de biodiversidad a nivel regional.

- Evaluación de los desafíos y oportunidades futuros.
  Con el propósito de evaluar los cambios y desafíos que se espera se produzcan en el mediano plazo respecto de la calidad de las aguas, tanto a nivel regional como para cada uno de los sectores evaluados, se revisarán las proyecciones de disponibilidad de agua según oferta y

demanda futura y como esta pudiera afectar la actual calidad de las aguas a nivel regional.

6.2. DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN SISTEMAS HÍDRICOS Y SU RELACIÓN CON NORMAS DE USO.

Para el diagnóstico de la calidad del agua se utilizaron diversas fuentes que se mencionan en cada apartado. Entre ellas, la principal son los datos de las estaciones de monitoreo de la calidad de agua de la DGA.

El capítulo se dividió en aguas superficiales y subterráneas, y dentro de esos grupos, el análisis se ha realizado por unidades de planificación hídrica (UPH).

6.2.1. Calidad de las aguas superficiales

6.2.1.1. UPH1. Subcuenca Lago Vichuquén

No se dispone de antecedentes de calidad de agua de los cursos superficiales de esta cuenca, ni de la laguna Tilicura. Sin embargo, la Red de Control de Lagos de la Dirección General de Aguas incorporó al Lago Vichuquén y a la Laguna Torca dentro de los cuerpos de agua monitoreados en forma permanente, cuyos primeros análisis se presentan en el documento "Evaluación de la condición trófica de la Red de Control de Lagos de la DGA"[1], elaborado el 2014. Según se describe a continuación, ambos cuerpos de agua presentan condiciones de mesotrofia, o incluso hipereutrofia en el caso de la Laguna Torca.

Lago Vichuquén

Según se indica en el estudio "Evaluación de la condición trófica de la Red de Control de Lagos de la DGA", el lago Vichuquén mostró una condición

[1] DGA, 2014. Evaluación de la Condición Trófica de la Red de Control de Lagos de la DGA. SIT N°348.

mesotrófica en el 57% de los casos estudiados y en un 36% de los casos este sistema fue eutrófico. Este alto nivel de trofía fue detectado solamente en dos muestreos realizados en verano y otoño (no existen datos para invierno y primavera, dado que este cuerpo de agua se incorporó el 2013 a la red de control de lagos de la DGA, junto con la laguna Torca). El lago Vichuquén presentó estratificación en verano e invierno, periodos en que la concentración de Nitrógeno sería limitante para la producción biológica. Sin embargo, los niveles de concentración de Nitrógeno variaron entre 25 y 41 µg/L, valores que no generarían altos niveles tróficos. Sin embargo, en el lago Vichuquén se midieron altos niveles de Fósforo, los cuales variaron entre 8 y 12 µg/L, valores que pueden aumentar los niveles tróficos a niveles de mesotrofia. En consecuencia, es altamente probable que el nutriente limitante en el lago Vichuquén sea Fósforo y no Nitrógeno, lo cual deberá ser verificado con mayor número de datos.

En este estudio y con carácter preliminar, dada la falta de antecedentes previos, el análisis de los perfiles verticales de temperatura realizado con los datos obtenidos el 2013 mostró que este sistema presenta una estratificación que surge durante el verano. Esta estratificación genera tres estratos en la columna de agua: Epilimnion que se desarrolla entre 0 y 10 m, Metalimnion que se genera entre 10 y 12 m y el Hipolimnion que ocurre a una profundidad mayor que 12 m. En base a estos resultados es indicativo que el lago Vichuquén es un lago monomíctico temperado con estratificación de verano.

En el año 2015 se verificó una situación de contaminación de las aguas del lago, según consta en la prensa de la época[2]: "Al recibir una denuncia desde la comunidad, la Autoridad Sanitaria decidió realizar tomas de muestras en diversos puntos del lago Vichuquén, esto con fecha 31 de marzo. El análisis final de Ensayo de las Aguas, realizado de acuerdo a la Normativa 1.333, referente a 'Requisitos de calidad de agua para diferentes usos' determinó tomar medidas sanitarias porque existe riesgo inminente para la salud de la

[2] En http://www.maulee.cl/prohiben-uso-de-aguas-del-lago-vichuquen/. Revisado el 25 de agosto de 2016.

comunidad'. Desde los laboratorios de la Institución, la Seremi de Salud del Maule, doctora Valeria Ortiz, entregó la información a los diversos medios de comunicación. 'Los análisis arrojan altos niveles de Ph, de grasas y de aceites, lo que hace que este lago pueda tener riesgos y ser algún problema para la salud de las personas, razón por la cual hemos determinado prohibición de uso para el baño en el lago y para los vehículos motorizados acuáticos' ".

Como consecuencia del estado del lago, el Ministro del Medio Ambiente constituyó en abril de 2015 una mesa técnica con distintos servicios públicos competentes entre ellos: Seremi del Medio Ambiente; Seremi de Salud; MOP DGA, DOP y DOH; Agricultura CONAF y SAG; Armada de Chile-Gobernación Marítima Capitanía de Puerto, (DIRECTEMAR), junto a la Ilustre Municipalidad de Vichuquén y la Junta de Vecinos Unión Comunal, con el objetivo de enfrentar intersectorialmente la contaminación en el Lago Vichuquén y Laguna Torca, ubicada en la Reserva Nacional del mismo nombre.

En febrero de 2016 el Ministerio de Medio Ambiente instaló una boya de monitoreo de calidad del agua en el lago Vichuquén[3], que consta de anemómetro, veleta, sensor de temperatura, piranómetro, sensores de temperatura (superficie, medio, fondo), fluorómetro Turner Cyclops (con Hydrowiper), los que cada 30 minutos y cada 1 hora transmiten datos a un servidor que aloja la información.

El instrumento de medición es parte del proyecto "Red de Monitoreo de la Condición Ambiental de Ecosistemas Acuáticos", elaborado por el Centro de Ecología Aplicada (CEA) para el Ministerio de Medio Ambiente (MMA), cuyo costo bordeó los 11 millones y medio de pesos. Sin embargo, fue destruida un año después de su instalación por una embarcación, no siendo repuesta.

[3] En http://portal.mma.gob.cl/ministerio-del-medio-ambiente-instala-boya-de-monitoreo-de-calidad-del-agua-en-lago-vichuquen/. Revisado el 25 de agosto de 2016.

Laguna Torca

Según el estudio de la DGA, la laguna Torca mostró una condición de hipereutrofia en dos muestreos realizados en las temporadas de verano y otoño (no existen datos para invierno y primavera). Este sistema en conjunto con la laguna de Aculeo son los sistemas acuáticos con mayor nivel trófico de la Red de Lagos de la DGA. La laguna Torca presenta estratificación en verano e invierno, periodos en que la concentración de Nitrógeno sería limitante para la producción biológica. Los niveles de concentración de Nitrógeno varían entre 61 y 66 µg/L en verano e invierno, los cuales no generan altos niveles tróficos. Sin embargo, se debe indicar que se midieron altos niveles de Fósforo en la laguna Torca, los cuales variaron entre 12 y 53 µg/L y que éstos pueden aumentar los niveles tróficos a niveles de Eutrofia. En consecuencia, es altamente probable que el nutriente limitante en la laguna Torca sea Fósforo y no Nitrógeno, lo cual deberá ser verificado con mayor número de datos.

El análisis de los perfiles verticales de temperatura realizados con los datos obtenidos en el 2013 en la laguna Torca, mostró que este sistema presenta una estratificación que surge durante el invierno. La estratificación es superficial y el Hipolimnion se genera a partir de 1 m de profundidad, sin embargo, no existen datos que permitan completar el patrón hidrodinámico anual.

No existe información sobre la calidad del agua de otros cuerpos de agua lacustres de ese complejo lagunar, como la Laguna Agua Dulce o la Laguna Tilicura.

6.2.1.2. UPH2. Subcuencas Río Teno y río Lontué

La red hidrométrica de aguas superficiales de esta UPH es la siguiente:

Tabla 6- 1 Red hidrométrica en la cuenca				
Nombre Subcuenca	**Código**	**Nombre Estación de Calidad de Aguas**	**Código BNA**	**Naturaleza**
Río Teno	0710	Río Teno en Quebrada Infiernillo	07101001-5	Superficial
Río Teno	0710	Río Teno en Los Queñes	07102001-0	Superficial
Río Teno	0710	Río Claro en Los Queñes	07103001-6	Superficial
Río Teno	0710	Río Teno antes Junta Río Mataquito	07106006-3	Superficial
Río Lontué	0711	Río Lontué en Panamericana	07117001-2	Superficial
Río Lontué	0711	Río Lontué después junta Rio Palos y Colorado	07117002-0	Superficial
Río Lontué	0711	Río Lontué en Sagrada Familia	07119003-K	Superficial

Fuente: Dirección General de Aguas

El estudio "Análisis Crítico de la Red de Calidad de Aguas Superficiales y Subterráneas de la DGA" (2014), analizó las series estadísticas de registros de calidad de agua en todas las estaciones del país. En la tabla siguiente se presentan los resultados del análisis para las estaciones de calidad de aguas superficiales de la cuenca del Río Teno, incluyendo el río Claro, tributario de este curso de agua. En amarillo se destacan aquellos valores registrados, pero cuya serie de datos corresponde principalmente a mediciones por debajo del Límite de Detección del Laboratorio, o bien con menos de 15 analíticas, por lo que no son representativas para un análisis. En rojo se presentan las series de datos cuyo promedio se encuentra por sobre el límite propuesto por la Norma Chilena 1.333 (columna 2), Concentraciones Máximas de Elementos Químicos en Agua para Riego.

Los parámetros sobre la norma corresponden al aluminio total y arsénico total en las estaciones Río Teno en Quebrada Infiernillo y Río Teno en Los Queñes.

Por otra parte, se debe resaltar que tanto el resto de concentraciones de boro como todas las de molibdeno, presentan valores superiores a la norma, pero sin validez estadística.

Tabla 6- 2 Concentraciones promedio de parámetros en estaciones de la Subcuenca del río Teno

Parámetro	NCh 1.333	7101001 R. Teno en quebrada Infiernillo	7102001 R. Teno en Los Queñes	7103001 R. Claro en Los Queñes	7106006 R. Teno antes junta R. Mataquito
Boro	0,75	0,91	0,97	0,84	0,97
Aluminio Total	5	6,52	6,02	1,37	0,79
Arsénico total	0,1	0,26	0,51	0,02	0,07
Bicarbonato		46,58	42,47	39,36	66,73
Cadmio total	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Calcio disuelto		54,42	47,32	14,22	35,02
Calcio total		90	76,47	19,44	45,18
Carbonato		0	0	0	0
Cianuro	0,2				
Cloruro	200	69,94	58,84	12,75	30,72
Cobalto Total	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01
Cobre total	0,2	0,02	0,03	0,03	0,01
Coliformes Fecales		23	23	50	30
Coliformes Totales					
Conductividad	750	529,24	442,89	203,02	332,53
Cromo VI Disuelto		0,02	0,02	0,02	0,02
Cromo VI Total	0,1	0,01	0,01	0,01	0,01
DBO 5 dias		3	3	3	3
DQO		13,06	16,8	19,92	22,86
Dureza (CaCO3)				138	
Fierro total	5	3,76	3,94	0,73	1,18
Fluoruro	1				
Fosfato				0	
Fosforo total		0,1	0,35	0,08	0,16
Litio disuelto	2,5				
Magnesio disuelto		3,65	2,73	8,43	6,5
Magnesio total		3,96	3,72	14,59	7,4
Manganeso total	0,2	0,19	0,19	0,03	0,05

Tabla 6- 2 Concentraciones promedio de parámetros en estaciones de la Subcuenca del río Teno

Parámetro	NCh 1.333	7101001	7102001	7103001	7106006
		R. Teno en quebrada Infiernillo	R. Teno en Los Queñes	R. Claro en Los Queñes	R. Teno antes junta R. Mataquito
Mercurio disuelto	0,001				
Mercurio total		0	0	0	0
Molibdeno disuelto	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03
Níquel total	0,2	0,01	0,01	0,01	0,01
Nitrato		0,21	0,29	0,1	0,55
Nitrito				0,01	
Nitrógeno Amoniacal				0,17	
Oxígeno Disuelto		9,74	9,98	9,68	10,51
Ph		7,86	7,81	7,46	8,41
Plata total	0,2	0,01	0,01	0,01	0,01
Plomo total	5	0,03	0,03	0,03	0,03
Potasio disuelto		4,27	2,86	2,6	3,64
Potasio total		6,29	5,34	4,65	3,89
Razón de Absorción de Sodio (RAS)		1,15	1,05	0,63	0,77
Selenio disuelto	0,02	0	0	0	0
Selenio total	0,02				
Sodio disuelto		31,93	27,2	10,91	18,7
Sodio total		66,76	51,91	16,08	22,72
Solidos Suspendidos Totales	500				
Sulfato	250	127,54	98,04	47,44	65,44
Temperatura Agua		9,58	11,21	11,16	18,27
Zinc total	2	0,03	0,02	0,01	0,02

Fuente: Elaboración propia a partir de estudio "Análisis Crítico de la Red de Calidad de Aguas Superficiales y subterráneas de la DGA" (2014).

Nota: en Amarillo, las series de datos que no pueden ser evaluadas por que la mayoría de los registros se encuentran por debajo del límite de detección (LD), o bien por que cuentan con menos de 15 registros. En Rojo, los parámetros cuyo promedio histórico excede el valor recomendado por la NCh 1.333, Tabla 1, Concentraciones Máximas de Elementos Químicos en Agua para Riego.

Tabla 6- 3 Concentraciones promedio de parámetros en estaciones de la subcuenca del río Lontué

Parámetro	NCh 1.333	7117001 R. Lontué en panamericana	7117002 R. Lontué después junta R. Palos y Colorado	7119003 R. Lontué en Sagrada Familia
Boro	0,75	0,97	0,97	1,00
Aluminio Total	5	0,90	0,73	0,84
Arsénico total	0,1	0,03	0,05	0,02
Bicarbonato		35,96	36,21	53,89
Cadmio total	0,01	0,01	0,01	0,01
Calcio disuelto		11,90	12,70	17,13
Calcio total		16,08	17,90	23,20
Carbonato		0,00	0,00	0,00
Cianuro	0,2			
Cloruro	200	11,68	15,82	14,67
Cobalto Total	0,05	0,01	0,01	0,01
Cobre total	0,2	0,02	0,01	0,02
Coliformes Fecales		170,00	2,00	130,00
Conductividad Especifica	750	131,08	149,61	184,06
Cromo VI Disuelto		0,02	0,02	0,02
Cromo VI Total	0,1	0,01	0,01	0,01
DBO - 5 dias		3,00	2,00	2,00
DQO		17,31	13,57	22,89
Fierro total	5	0,43	0,38	0,56
Fluoruro	1			
Fosfato		0,02		
Fosforo total		0,29	0,27	0,34
Litio disuelto	2,5	0,02		0,01
Magnesio disuelto		2,38	1,90	4,35
Magnesio total		3,28	3,02	6,52
Manganeso total	0,2	0,02	0,02	0,04
Mercurio disuelto	0,001			
Mercurio total		0,00	0,00	0,00
Molibdeno disuelto	0,01	0,03	0,03	0,03
Níquel total	0,2	0,01	0,01	0,01

Tabla 6- 3 Concentraciones promedio de parámetros en estaciones de la subcuenca del río Lontué

Parámetro	NCh 1.333	7117001 R. Lontué en panamericana	7117002 R. Lontué después junta R. Palos y Colorado	7119003 R. Lontué en Sagrada Familia
Nitrato		0,22	0,43	16,24
Nitrito		0,02		0,01
Nitrógeno Amoniacal		0,06		
Oxígeno Disuelto		11,05	9,76	10,52
Ph		7,63	7,70	7,84
Plata total	0,2	0,01	0,01	0,01
Plomo total	5	0,03	0,03	0,03
Potasio disuelto		2,06	1,54	2,88
Potasio total		2,15	2,28	3,62
Razón de Absorción de Sodio (RAS)		0,68	0,90	0,67
Selenio disuelto	0,02	0,00	0,00	0,00
Selenio total	0,02			
Sodio disuelto		9,67	12,72	11,75
Sodio total		13,09	19,10	16,72
Solidos Suspendidos Totales	500			
Sulfato	250	17,69	24,73	25,29
Temperatura del Agua		14,67	12,30	16,72
Zinc total	2	0,03	0,01	0,02

Fuente: Elaboración propia a partir de estudio "Análisis Crítico de la Red de Calidad de Aguas Superficiales y subterráneas de la DGA" (2014).

Nota: en Amarillo, las series de datos que no pueden ser evaluadas por que la mayoría de los registros se encuentran por debajo del límite de detección (LD), o bien por que cuentan con menos de 15 registros. En Rojo, los parámetros cuyo promedio histórico excede el valor recomendado por la NCh 1.333, Tabla 1, Concentraciones Máximas de Elementos Químicos en Agua para Riego.

Según el estudio "Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de agua según Objetivos de Calidad", capítulo Cuenca del Río Mataquito (DGA, 2004), la calidad natural en la parte alta de la cuenca de los ríos Teno y Claro, está dominada por el efecto de los volcanes Peteroa, Planchón y Azufre.

Adicionalmente a lo anterior predomina una litología de rocas sedimento – volcánicas con presencia de calizas y arcillas.

La calidad natural en la parte alta de la cuenca del río Lontué, está dominada por la litología de rocas de origen volcánico, consistente en Coladas, Andesitas lo que le otorga un carácter más mineralizado que la del Teno.

6.2.1.3. UPH3. Cuenca Baja del Mataquito

La red hidrométrica de esta UPH cuenta con una única estación de calidad de aguas superficiales.

Tabla 6- 4 Red hidrométrica en la cuenca

Nombre Subcuenca	Código	Nombre Estación de Calidad de Aguas	Código BNA	Naturaleza
Río Mataquito	0712	Río Mataquito en Puente Lautaro (Licantén)	07123003-1	Superficial

Fuente: Dirección General de Aguas

El estudio "Análisis Crítico de la Red de Calidad de Aguas Superficiales y Subterráneas de la DGA" (2014), analizó las series estadísticas de registros de calidad de agua en todas las estaciones del país. En la tabla siguiente se presentan los resultados del análisis para las estaciones de calidad de aguas superficiales de la cuenca baja. Ninguno de los parámetros estudiados está sobre la norma Chilena 1.333, aunque en la tabla siguiente tanto el boro como el molibdeno tengan valores superiores, no tiene significación para el análisis.

Tabla 6- 5 Concentraciones promedio de parámetros en la estación de la cuenca baja del río Mataquito

Parámetro	NCh 1.333	7123003
		Río Mataquito en Puente Lautaro (Licantén)
Boro	0,75	0,97
Aluminio Total	5	1,09

Tabla 6- 5 Concentraciones promedio de parámetros en la estación de la cuenca baja del río Mataquito

Parámetro	NCh 1.333	7123003 Río Mataquito en Puente Lautaro (Licantén)
Arsénico total	0,1	0,03
Bicarbonato		71,62
Cadmio total	0,01	0,01
Calcio disuelto		22,84
Calcio total		27,67
Carbonato		0,00
Cianuro	0,2	
Cloruro	200	19,19
Cobalto Total	0,05	0,01
Cobre total	0,2	0,02
Coliformes Fecales		170,00
Conductividad Especifica	750	242,78
Cromo Hexavalente Disuelto		0,03
Cromo Hexavalente Total	0,1	0,01
Demanda Bioquímica de Oxigeno - 5 dias		2,00
Demanda Química de Oxigeno		24,97
Fierro total	5	0,89
Fluoruro	1	
Fosforo total		0,36
Litio disuelto	2,5	0,01
Magnesio disuelto		5,50
Magnesio total		7,17
Manganeso total	0,2	0,11
Mercurio disuelto	0,001	0,00
Mercurio total		0,00
Molibdeno disuelto	0,01	0,03
Níquel total	0,2	0,01
Nitrato		0,63
Nitrito		0,46
Oxígeno Disuelto		8,81
Ph		7,89

Tabla 6- 5 Concentraciones promedio de parámetros en la estación de la cuenca baja del río Mataquito

Parámetro	NCh 1.333	7123003 Río Mataquito en Puente Lautaro (Licantén)
Plata total	0,2	0,01
Plomo total	5	0,02
Potasio disuelto		3,33
Potasio total		3,82
Razón de Absorción de Sodio (RAS)		0,79
Selenio disuelto	0,02	0,00
Selenio total	0,02	
Sodio disuelto		16,90
Sodio total		18,76
Sulfato	250	38,06
Temperatura del Agua		17,05
Zinc total	2	0,01

Fuente: Elaboración propia a partir de estudio "Análisis Crítico de la Red de Calidad de Aguas Superficiales y subterráneas de la DGA" (2014).

Nota: en Amarillo las series de datos que no pueden ser evaluadas por que la mayoría de los registros se encuentran por debajo del límite de detección (LD), o bien por que cuentan con menos de 15 registros. En Rojo los parámetros cuyo promedio histórico excede el valor recomendado por la NCh 1.333, Tabla 1, Concentraciones Máximas de Elementos Químicos en Agua para Riego.

No se encontraron parámetros sobre los umbrales establecidos en la NCh 1.333 of 87. Para el estudio "Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de agua según Objetivos de Calidad", capítulo Cuenca del Río Mataquito (DGA, 2004), en esta estación los factores incidentes en la calidad de las aguas son la recarga del río por aguas subterráneas y escorrentía de aluminosilicatos por laderas y quebradas. Los factores antropogénicos son la contaminación difusa por aguas servidas, contaminación difusa por plaguicidas, fertilizantes y por depósitos de estériles.

6.2.1.4. UPH4. Cuencas costeras entre ríos Mataquito y Maule

En la actualidad la cuenca no cuenta con estaciones de calidad de aguas superficiales ni subterráneas. No se encontraron antecedentes de calidad de aguas superficiales o subterráneas.

En estas cuencas no existen ríos largos, ni con un caudal constante a lo largo de todo el año. Aun así, habría que valorar el interés de ubicar una nueva estación de seguimiento en el río Huenchullami.

6.2.1.5. UPH5. Cuenca Alta del Río Maule

La unidad cuenta sólo con una estación de calidad de aguas superficiales y no cuenta con estaciones de calidad de aguas subterráneas. La estación se encuentra en el Rio Maule en el Médano, sector Los Baños.

Tabla 6- 6 Red Hidrométrica en la Cuenca

Nombre Subcuenca	Código	Nombre Estación de Calidad de Aguas	Código BNA	Naturaleza
Río Maule Alto	0730	Río Maule en el Médano- En Los Baños	07303000-5	Superficial

Fuente: Dirección General de Aguas

El estudio "Análisis Crítico de la Red de Calidad de Aguas Superficiales y Subterráneas de la DGA" (2014), analizó las series estadísticas de registros de calidad de agua en todas las estaciones del país. En la tabla siguiente se presentan los resultados del análisis para la única estación de calidad de aguas superficiales en la cabecera del Maule. El seguimiento de esta estación indica que no hay parámetros que superen los umbrales establecidos en la NCh 1.333 of77, tabla de requisitos de agua para riego. Los casos del molibdeno y el boro no tienen significación para el análisis (amarillo).

Tabla 6- 7 Concentraciones promedio de parámetros en la estación de la subcuenca de cabecera del río Maule

Parámetro	NCh 1.333	7303000
		R. Maule en el Médano- en Los Baños
Boro	0,75	0,97
Aluminio Total	5	0,79
Arsénico total	0,1	0,04
Bicarbonato		35,05
Cadmio total	0,01	0,01
Calcio disuelto		11,80
Calcio total		17,45
Carbonato		0,00
Cianuro	0,2	
Cloruro	200	19,36
Cobalto Total	0,05	0,01
Cobre total	0,2	0,01
Coliformes Fecales		
Coliformes Totales		
Conductividad Especifica	750	149,86
Cromo Hexavalente Disuelto		0,02
Cromo Hexavalente Total	0,1	0,01
Demanda Química de Oxigeno		26,02
Dureza (CaCO3)		
Fierro total	5	0,67
Fluoruro	1	
Fosforo total		0,08
Litio disuelto	2,5	
Magnesio disuelto		1,86
Magnesio total		2,24
Manganeso total	0,2	0,02
Mercurio disuelto	0,001	
Mercurio total		0,00
Molibdeno disuelto	0,01	0,03
Níquel total	0,2	0,01
Nitrato		0,12

Tabla 6- 7 Concentraciones promedio de parámetros en la estación de la subcuenca de cabecera del río Maule

Parámetro	NCh 1.333	7303000
		R. Maule en el Médano- en Los Baños
Oxígeno Disuelto		9,94
Ph		7,80
Plata total	0,2	0,01
Plomo total	5	0,03
Potasio disuelto		1,28
Potasio total		1,84
Razón de Absorción de Sodio (RAS)		0,79
Selenio disuelto	0,02	0,00
Selenio total	0,02	
Sílice		
Sodio disuelto		10,85
Sodio total		15,18
Solidos Suspendidos Totales	500	
Sulfato	250	18,12
Temperatura del Agua		10,37
Zinc total	2	0,01

Fuente: Elaboración propia a partir de estudio "Análisis Crítico de la Red de Calidad de Aguas Superficiales y subterráneas de la DGA" (2014).

Nota: en Amarillo, las series de datos que no pueden ser evaluadas por que la mayoría de los registros se encuentran por debajo del límite de detección (LD), o bien por que cuentan con menos de 15 registros. En Rojo, los parámetros cuyo promedio histórico excede el valor recomendado por la NCh 1.333, Tabla 1, Concentraciones Máximas de Elementos Químicos en Agua para Riego.

Como señala el estudio "Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad", capítulo Cuenca del Río Maule (DGA, 2004), la calidad natural en la parte alta de la cuenca alta del río Maule está dominada por el efecto de los volcanes de la cuenca. Adicionalmente predomina una litología de rocas sedimento – volcánicas con presencia de calizas y arcillas.

Siendo la componente geológica la principal afección sobre la calidad del agua, ya que la cuenca tiene una poblamiento muy bajo y consecuentemente pocas incidencias antrópicas.

6.2.1.6. UPH6. Cuenca Media y Baja del Río Maule

En la unidad se encuentran siete estaciones de calidad de aguas superficiales y una de aguas subterráneas, pertenecientes a la red de calidad de aguas de la DGA.

Tabla 6- 8 Red hidrométrica en la cuenca

Nombre Subcuenca	Código	Nombre Estación de Calidad de Aguas	Código BNA	Naturaleza
Maule Medio	732	Río Maule en Armerillo	07321002-K	Superficial
Maule Medio	732	Río Maule en Longitudinal	07322001-7	Superficial
Río Claro	737	Río Claro en Fuente de Agua	07371001-4	Superficial
Río Claro	737	Río Lircay en Panamericana	07376001-1	Superficial
Río Claro	737	Río Claro en Talca	07379001-8	Superficial
Río Claro	737	Río Claro en Rauquén	07379002-6	Superficial
Maule Bajo	738	Río Maule en el Forel	07383001-K	Superficial

Fuente: Dirección General de Aguas

Según el estudio "Análisis Crítico de la Red de Calidad de Aguas Superficiales y Subterráneas de la DGA" (DGA 2014)", sólo se identifica el boro en la estación del río Maule en Armerillo (con 13 datos para hacer el promedio), como parámetro que excede los umbrales establecidos en la NCh 1.333 of 87, tabla de usos de agua para riego. Se debe resaltar que en el resto de estaciones también se supera, aunque los datos no son suficientes para una afirmación con base estadística sólida. Algo parecido ocurre con el molibdeno, ya que la concentración detectada es superior a la norma pero sin validez a efectos del análisis.

Tabla 6- 9 Concentraciones promedio de parámetros en las estaciones del río Maule en la cuenca media y baja del río Maule

Parámetro	NCh 1.333	7322001	7321002	7383001
		R. Maule en longitudinal	R. Maule en Armerillo	R. Maule en el Forel
Boro	0,75	0,93	0,91	0,98
Aluminio Total	5	1,12	1,16	1,03
Arsénico total	0,1	0,02	0,04	0,01
Bicarbonato		48,65	54,30	51,43
Cadmio total	0,01	0,01	0,01	0,01
Calcio disuelto		12,41	13,39	11,28
Calcio total		13,12	13,81	11,35
Carbonato		0,00	0,00	0,00
Cianuro	0,2			
Cloruro	200	9,87	12,69	8,38
Cobalto Total	0,05	0,01	0,01	0,01
Cobre total	0,2	0,02	0,01	0,02
Conductividad	750	133,01	173,29	132,97
Cr VI Disuelto		0,03	0,03	0,02
Cr VI Total	0,1	0,01	0,01	0,01
DQO		20,44	19,28	21,96
Fierro total	5	0,51	0,76	0,54
Fluoruro	1			
Fosforo total		0,15	0,23	0,25
Litio disuelto	2,5		0,00	0,01
Magnesio disuelto		3,71	5,70	3,48
Magnesio total		2,94	6,33	4,22
Manganeso total	0,2	0,03	0,03	0,05
Mercurio disuelto	0,001	0,00	0,00	0,00
Mercurio total		0,00	0,00	0,00
Molibdeno disuelto	0,01	0,02	0,03	0,02
Níquel total	0,2	0,01	0,01	0,01
Nitrato		0,21	0,32	0,50

Tabla 6- 9 Concentraciones promedio de parámetros en las estaciones del río Maule en la cuenca media y baja del río Maule

Parámetro	NCh 1.333	7322001	7321002	7383001
		R. Maule en longitudinal	R. Maule en Armerillo	R. Maule en el Forel
Nitrito		0,01	0,01	
Nitrógeno Amoniacal		0,08	0,06	
Oxígeno Disuelto		10,44	10,39	9,73
pH		7,67	7,47	7,53
Plata total	0,2	0,01	0,01	0,01
Plomo total	5	0,02	0,02	0,02
Potasio disuelto		1,49	1,87	1,73
Potasio total		1,43	1,77	2,10
Razón de Absorción de Sodio (RAS)		0,54	0,63	0,53
Selenio disuelto	0,02	0,00	0,00	0,00
Sodio disuelto		8,09	10,70	7,96
Sodio total		9,54	10,86	9,38
Sulfato	250	14,16	19,87	10,42
Temperatura del Agua		15,03	12,62	16,56
Zinc total	2	0,01	0,01	0,01

Fuente: Elaboración propia a partir de estudio "Análisis Crítico de la Red de Calidad de Aguas Superficiales y subterráneas de la DGA" (2014).

Nota: en Amarillo, las series de datos que no pueden ser evaluadas por que la mayoría de los registros se encuentran por debajo del límite de detección (LD), o bien por que cuentan con menos de 15 registros. En Rojo, los parámetros cuyo promedio histórico excede el valor recomendado por la NCh 1.333, Tabla 1, Concentraciones Máximas de Elementos Químicos en Agua para Riego.

Tabla 6- 10 Concentraciones promedio de parámetros en las estaciones de la cuenca del río Claro

Parámetro	NCh 1.333	7376001	7371001	7379001	7379002
		R. Lircay en panamericana	R. Claro en Fuente de Agua	R. Claro en Talca	R. Claro en Rauquén
Boro	0,75	0,93	0,97	0,96	0,98
Aluminio Total	5	1,06	0,81	1,14	1,12
Arsénico total	0,1	0,01	0,01	0,01	0,02
Bicarbonato		55,86	27,75	54,48	60,10
Cadmio total	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Calcio disuelto		12,22	7,16	10,75	12,64
Calcio total		15,45	5,75	13,56	14,51
Carbonato		0,00	0,00	0,00	0,00
Cianuro	0,2				
Cloruro	200	10,68	3,70	9,70	10,56
Cobalto Total	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01
Cobre total	0,2	0,01	0,01	0,01	0,01
Conductividad	750	146,75	57,63	142,18	156,56
Cr VI Disuelto		0,03	0,02	0,03	0,03
Cr VI Total	0,1	0,01	0,01	0,01	0,01
DQO		24,16	17,03	22,98	25,57
Fierro total	5	0,50	0,33	0,74	0,76
Fluoruro	1				
Fosforo total		0,25	0,30	0,33	0,28
Litio disuelto	2,5	0,00		0,00	0,00
Magnesio disuelto		5,36	2,01	4,78	4,81
Magnesio total		7,66	1,65	6,36	7,02
Manganeso total	0,2	0,04	0,02	0,06	0,06
Mercurio disuelto	0,001	0,00		0,00	0,00
Mercurio total		0,00	0,00	0,00	0,00
Molibdeno disuelto	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03
Níquel total	0,2	0,01	0,02	0,01	0,01

Tabla 6- 10 Concentraciones promedio de parámetros en las estaciones de la cuenca del río Claro

Parámetro	NCh 1.333	7376001	7371001	7379001	7379002
		R. Lircay en panamericana	R. Claro en Fuente de Agua	R. Claro en Talca	R. Claro en Rauquén
Nitrato		0,75	0,58	0,60	0,82
Nitrito		0,01		0,17	0,81
Nitrógeno Amoniacal		0,13		0,09	
Oxígeno Disuelto		9,95	10,24	10,39	9,60
pH		7,58	7,62	7,47	7,52
Plata total	0,2	0,01	0,01	0,01	0,01
Plomo total	5	0,03	0,03	0,03	0,02
Potasio disuelto		1,90	1,23	2,39	2,59
Potasio total		2,26	1,38	2,91	2,88
Razón de Absorción de Sodio (RAS)		0,50	0,42	0,57	0,60
Selenio disuelto	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Sodio disuelto		8,53	5,57	8,79	9,91
Sodio total		12,40	4,87	12,73	12,37
Sulfato	250	12,01	5,27	10,90	13,01
Temperatura del Agua		14,88	12,03	15,55	16,03
Zinc total	2	0,01	0,01	0,01	0,02

Fuente: Elaboración propia a partir de estudio "Análisis Crítico de la Red de Calidad de Aguas Superficiales y subterráneas de la DGA" (2014).

Nota: en Amarillo, las series de datos que no pueden ser evaluadas por que la mayoría de los registros se encuentran por debajo del límite de detección (LD), o bien por que cuentan con menos de 15 registros. En Rojo, los parámetros cuyo promedio histórico excede el valor recomendado por la NCh 1.333, Tabla 1, Concentraciones Máximas de Elementos Químicos en Agua para Riego.

Basados en el estudio "Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de agua según Objetivos de Calidad", capítulo Cuenca del Río Maule (DGA, 2004), la calidad natural en la parte alta de la cuenca alta del río Claro está dominada por el efecto de los volcanes de la cuenca. Adicionalmente a lo anterior predomina una litología de rocas sedimento – volcánicas con presencia de

calizas y arcillas. En el valle central de la cuenca del Maule comienza a predominar el efecto de las aguas subterráneas, las cuales le adicionan a los cursos de agua contenido de compuestos metálicos. Las cuencas costeras que drenan hacia el valle central son fuertemente de origen subterráneas, por lo cual presentan contenido de metales en solución y particulado.

Este estudio también resalta que la concentración de aluminio en la cuenca resulta anormalmente alta especialmente en los ríos Claro y Maule en Armerillo. Por último, cita que en el litoral, existe una fuerte interrelación entre el acuífero y el río Maule, el cual le adiciona metales en solución que provienen de la lixiviación volumétrica de toda la litología existente desde la cordillera de los Andes hasta el litoral mismo.

Es interesante resaltar que en Talca es donde se concentra la mayor parte de la industria de la Región. Aportando esta comuna el mayor volumen de aguas servidas y muchos desechos industriales. Esta circunstancia no se refleja en los análisis realizados.

6.2.1.7. UPH7. Cuenca del Río Perquilauquén

La red de calidad de aguas de la DGA cuenta con 5 estaciones de calidad superficial y ninguna estación de calidad de aguas subterráneas en esta unidad de planificación hidrológica.

Tabla 6- 11 Red hidrométrica en la cuenca				
Nombre Subcuenca	**Código**	**Nombre Estación de Calidad de Aguas**	**Código BNA**	**Naturaleza**
Perquilauquén Alto	0733	Río Perquilauquén en San Manuel	07330001-0	Superficial
Perquilauquén Alto	0733	Río Perquilauquén en Quella	07335001-8	Superficial
Perquilauquén Alto	0733	Río Cauquenes en el Arrayan	07336001-3	Superficial
Perquilauquén Alto	0733	Río Cauquenes en desembocadura	07339001-K	Superficial
Perquilauquén Bajo	0734	Río Purapel en el Sauzal	07343001-1	Superficial

Fuente: Dirección General de Aguas

Según el estudio "Análisis Crítico de la Red de Calidad de Aguas Superficiales y Subterráneas de la DGA, (DGA 2014)", ningún parámetro excede los umbrales establecidos en la NCh 1.333 of 87, tabla de usos de agua para riego. Aunque hay que resaltar que tanto las concentraciones detectadas de boro como molibdeno, son superiores a la norma, pero sin validez a efectos estadísticos.

Tabla 6- 12 Concentraciones promedio de parámetros en las estaciones de la cuenca del río Perquilauquén						
Parámetro	**7330001**		**7335001**	**7336001**	**7339001**	**7343001**
	NCh 1.333	**R. Perq. en S. Manuel**	**R. Perq. en Quella**	**R. Cauq. en el Arrayán**	**R. Cauq. desem bocadura**	**R. Purapel en el Sauzal**
Boro	0,75	0,97	0,90	0,95	0,98	0,95
Aluminio Total	5	0,48	2,10	0,94	0,90	1,28
Arsénico total	0,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Bicarbonato		29,98	45,60	40,65	56,31	45,22
Cadmio total	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Calcio disuelto		5,92	7,82	6,75	8,13	6,39
Calcio total		3,67	7,58	15,23	7,68	4,90

Tabla 6- 12 Concentraciones promedio de parámetros en las estaciones de la cuenca del río Perquilauquén

Parámetro	7330001		7335001	7336001	7339001	7343001
	NCh 1.333	R. Perq. en S. Manuel	R. Perq. en Quella	R. Cauq. en el Arrayán	R. Cauq. desem bocadura	R. Purapel en el Sauzal
Carbonato		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cianuro	0,2					
Cloruro	200	3,34	4,29	8,72	11,16	8,48
Cobalto Total	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Cobre total	0,2	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Conductividad	750	46,54	86,22	91,23	126,84	99,09
Cromo VI Disuelto		0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
Cromo VI Total	0,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Demanda Química de Oxigeno		20,33	29,05	19,96	22,58	19,82
Fierro total	5	0,11	0,96	0,95	0,91	1,10
Fosforo total		0,24	0,16	0,14	0,23	0,18
Litio disuelto	2,5		0,00		0,00	0,00
Magnesio disuelto		1,04	3,15	3,25	4,11	3,50
Magnesio total		0,70	3,11	8,21	4,43	2,77
Manganeso total	0,2	0,01	0,08	0,08	0,10	0,06
Mercurio disuelto	0,001	0,00	0,00			0,00
Mercurio total		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Molibdeno disuelto	0,01	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02
Níquel total	0,2	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
Nitrato		0,56	0,22	0,17	0,65	0,17
Nitrito			0,00			
Nitrógeno Amoniacal			0,10			
Oxígeno Disuelto		9,60	9,40	11,15	9,60	9,22
pH		7,49	7,35	7,28	7,53	7,36

Tabla 6- 12 Concentraciones promedio de parámetros en las estaciones de la cuenca del río Perquilauquén

Parámetro	7330001		7335001	7336001	7339001	7343001
	NCh 1.333	R. Perq. en S. Manuel	R. Perq. en Quella	R. Cauq. en el Arrayán	R. Cauq. desem bocadura	R. Purapel en el Sauzal
Plata total	0,2	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Plomo total	5	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03
Potasio disuelto		0,52	1,07	0,97	1,93	1,26
Potasio total		0,39	1,08	1,26	2,32	0,97
Razón de Absorción de Sodio (RAS)		0,26	0,42	0,60	0,76	0,72
Selenio disuelto	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Selenio total	0,02					
Sodio disuelto		2,50	5,18	7,29	10,65	8,59
Sodio total		2,30	5,69	19,34	12,54	8,61
Solidos Suspendidos Totales	500					
Sulfato	250	4,22	2,54	2,78	2,95	3,76
Temperatura del Agua		15,97	16,74	16,10	17,97	18,53
Zinc total	2	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Fuente: Elaboración propia a partir de estudio "Análisis Crítico de la Red de Calidad de Aguas Superficiales y subterráneas de la DGA" (2014).

Nota: en Amarillo, las series de datos que no pueden ser evaluadas por que la mayoría de los registros se encuentran por debajo del límite de detección (LD), o bien por que cuentan con menos de 15 registros. En Rojo, los parámetros cuyo promedio histórico excede el valor recomendado por la NCh 1.333, Tabla 1, Concentraciones Máximas de Elementos Químicos en Agua para Riego.

En base al estudio "Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de agua según Objetivos de Calidad", capítulo Cuenca del Río Maule (DGA, 2004), la calidad natural en la parte alta de la cuenca alta del río Perquilauquén está dominada por el efecto de los volcanes de la cuenca. Adicionalmente a lo anterior predomina una litología de rocas sedimento – volcánicas con

presencia de calizas y arcillas. Asimismo indica que la concentración de aluminio en la cuenca resulta anormalmente alta en el río Perquilauquén.

6.2.1.8. UPH8. Cuenca del Río Loncomilla

La red hidrométrica en la subcuenca del río Loncomilla está compuesta por las siguientes estaciones:

Tabla 6- 13 Red hidrométrica en la cuenca del Río Loncomilla

Nombre Subcuenca	Código	Nombre Estación de Calidad de Aguas	Código BNA	Naturaleza
Río Loncomilla	0735	Río Longaví en la Quiriquina	07350001-K	Superficial
Río Loncomilla	0735	Río Longaví en Panamericana	07351001-5	Superficial
Río Loncomilla	0735	Río Achibueno en Panamericana	07356002-0	Superficial
Río Loncomilla	0735	Río Putagán en Bocatoma Canal Melozal	07358004-8	Superficial
Río Loncomilla	0735	Río Loncomilla en las Brisas	07359001-9	Superficial

Fuente: Dirección General de Aguas

Según el estudio "Análisis Crítico de la Red de Calidad de Aguas Superficiales y Subterráneas de la DGA" (DGA, 2014)", ningún parámetro excede los umbrales establecidos en la NCh 1.333 of 87, Tabla de usos de agua para riego. Aunque hay que resaltar que tanto las concentraciones detectadas de boro como molibdeno, son superiores a la norma, pero sin validez a efectos estadísticos.

Tabla 6- 14 Concentraciones promedio de parámetros en las estaciones de la cuenca del río Loncomilla

Parámetro	NCh 1.333	7350001	7351001	7356002	7358004	7359001
		R. Longaví en Quiriquina	R. Longaví en pana mericana	R. Achibueno en pana mericana	R. Putagán en bocatoma Canal Melozal	R. Loncomilla en las Brisas
Boro	0,75	0,88	0,91	0,96	0,98	0,97
Aluminio Total	5	0,44	1,00	0,73	1,05	1,40
Arsénico total	0,1	0,02	0,01	0,01	0,05	0,01
Bicarbonato		33,66	41,05	31,24	62,95	54,38
Cadmio total	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Calcio disuelto		8,69	8,30	7,15	13,24	10,53
Calcio total		11,03	9,85	7,35	13,68	11,39
Carbonato		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cianuro	0,2					
Cloruro	200	4,58	4,57	3,28	7,59	5,84
Cobalto Total	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Cobre total	0,2	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Conductividad	750	84,60	93,90	68,60	144,70	124,86
Cromo VI Disuelto		0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
Cromo VI Total	0,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
DQO		16,88	19,65	17,22	26,99	25,31
Fierro total	5	0,13	0,32	0,33	0,65	0,65
Fluoruro	1					
Fosforo total		0,20	0,32	0,14	0,30	0,31
Litio disuelto	2,5		0,00	0,00	0,01	0,00
Magnesio disuelto		2,33	2,95	1,48	4,13	3,51
Magnesio total		2,69	3,58	1,58	4,38	4,09
Manganeso total	0,2	0,01	0,02	0,02	0,05	0,05
Mercurio disuelto	0,001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla 6- 14 Concentraciones promedio de parámetros en las estaciones de la cuenca del río Loncomilla

Parámetro	NCh 1.333	7350001	7351001	7356002	7358004	7359001
		R. Longaví en Quiriquina	R. Longaví en pana mericana	R. Achibueno en pana mericana	R. Putagán en bocatoma Canal Melozal	R. Loncomilla en las Brisas
Mercurio total		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Molibdeno disuelto	0,01	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02
Níquel total	0,2	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Nitrato		0,46	0,33	0,22	0,92	0,46
Nitrito			0,00	0,00		
Nitrógeno Amoniacal			0,00	0,10		
Oxígeno Disuelto		11,32	10,03	9,30	9,46	9,61
Ph		7,51	7,39	7,34	7,46	7,45
Plata total	0,2	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Plomo total	5	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
Potasio disuelto		0,56	1,40	0,67	1,54	1,37
Potasio total		0,93	1,47	0,75	1,40	1,79
Razón de Absorción de Sodio (RAS)		0,39	0,36	0,29	0,50	0,45
Selenio disuelto	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Selenio total	0,02					
Sodio disuelto		4,52	4,61	3,16	8,00	6,61
Sodio total		6,36	5,59	3,14	8,40	7,53
Solidos Suspendidos Totales	500					
Sulfato	250	11,98	5,41	2,79	9,87	4,98
Temperatura del Agu a		12,94	15,50	15,72	15,39	16,14
Zinc total	2	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02

Fuente: Elaboración propia a partir de estudio "Análisis Crítico de la Red de Calidad de Aguas Superficiales y subterráneas de la DGA" (2014).

Nota: en Amarillo, las series de datos que no pueden ser evaluadas por que la mayoría de los registros se encuentran por debajo del límite de detección (LD), o bien por que cuentan con menos de 15 registros. En Rojo, los parámetros cuyo promedio histórico excede el valor recomendado por la NCh 1.333, Tabla 1, Concentraciones Máximas de Elementos Químicos en Agua para Riego.

Según el estudio "Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de agua según Objetivos de Calidad", capítulo Cuenca del Río Maule (DGA 2004), la calidad natural en la parte alta de la cuenca alta del río Achibueno está dominada por el efecto de los volcanes de la cuenca. Adicionalmente a lo anterior predomina una litología de rocas sedimento – volcánicas con presencia de calizas y arcillas.

6.2.1.9. UPH9. Cuencas costeras entre río Maule y límite de la Región

No se cuenta con antecedentes de calidad de aguas superficiales.

6.2.2. Aguas subterráneas

6.2.2.1. UPH1. Subcuenca Lago Vichuquén

La red hidrométrica en la cuenca se compone de 1 estación de calidad de aguas subterráneas.

Tabla 6- 15 Red hidrométrica en la cuenca del Lago Vichuquén

Nombre Subcuenca	Código	Nombre Estación de Calidad de Aguas	Código BNA	Naturaleza
Lago Vichuquén	0700	Pozo Sector Lago Vichuquén	07000005-9	Subterránea

Fuente: Dirección General de Aguas

El estudio "Análisis Crítico de la Red de Calidad de Aguas Superficiales y Subterráneas de la DGA" (2014), realizó un análisis estadístico sobre las series de datos de análisis de calidad de aguas en todas las estaciones superficiales y subterráneas del país. De este análisis, se tiene que para Pozos en sector

lago Vichuquén, se cuenta hasta con 37 mediciones individuales. Los siguientes parámetros se encuentran por sobre lo recomendado en la Norma Chilena 1.333, Recomendaciones de Calidad de Aguas para distintos usos, en su tabla 1, Concentraciones máximas de elementos químicos en agua para riego: cloruros, conductividad específica, fierro, manganeso, y sulfatos.

En la tabla siguiente se presentan antecedentes adicionales de los análisis realizados.

Tabla 6- 16 Estadísticas históricas de parámetros medidas en la estación "Pozo Sector Lago Vichuquén"

Parámetro	NCh 1.333 Riego (mg/L)	Promedio Parámetro (mg/L)
Aluminio Total	5,000	0,76
Arsénico total	0,100	0,02
Boro	0,750	0,97
Cadmio total	0,010	0,01
Cloruro	200	447,07
Cobalto Total	0,050	0,01
Cobre total	0,200	0,01
Conductividad Especifica	750	1.038,78
Cromo Hexavalente Total	0,100	0,01
Fierro total	5,000	8,87
Manganeso total	0,200	1,80
Mercurio disuelto	0,001	0,00
Molibdeno disuelto	0,010	0,03
Níquel total	0,200	0,01
Plata total	0,200	0,01
Plomo total	5,000	0,03
Selenio disuelto	0,020	0,00
Sulfato	250,000	257,52
Zinc total	2,000	0,08

Fuente: Análisis Crítico de la Red de Calidad de Aguas Superficiales y subterráneas de la DGA (2014)

Nota: en Amarillo, las series de datos que no pueden ser evaluadas por que la mayoría de los registros se encuentran por debajo del límite de detección (LD), o bien por que cuentan con menos de 15 registros. En Rojo, los parámetros cuyo promedio histórico excede el valor recomendado por la NCh 1.333, Tabla 1, Concentraciones Máximas de Elementos Químicos en Agua para Riego.

No se dispone de otros antecedentes de calidad de aguas subterráneas en la zona.

6.2.2.2. UPH2. Subcuencas Río Teno y río Lontué

En la Unidad de Planificación Hídrica no existen estaciones de seguimiento de calidad de aguas subterráneas pertenecientes a la Red de Calidad de Aguas de la DGA.

El "Estudio de calidad de aguas subterráneas en la cuenca de los Ríos Huasco y Mataquito" (CNR, 2006) fue realizado por la Comisión Nacional de Riego, con la colaboración de la Dirección General de Aguas y ejecutado por GCF Ingenieros Consultores Ltda. Es complemento del estudio de las aguas superficiales desarrollado el 2003 por la CNR, para estas mismas cuencas.

El objetivo general del estudio fue determinar el estado actual de la contaminación de los acuíferos de Huasco y Mataquito producto de la actividad agrícola y otras fuentes, y analizar ante diversos escenarios de desarrollo y explotación el comportamiento del sistema subterráneo y los efectos generados sobre los pozos existentes, ya sea de riego así como de agua potable.

Los parámetros analizados para las aguas superficiales en el estudio del 2003 fueron los correspondientes a la Norma Nch 1333 Of7S, más otros correspondientes al proyecto de Norma Secundaria, a saber: DaO, 00, Detergentes, DB05, Aceites y Grasas, Nitrógeno y Fósforo Total, Poder Espumógeno, Sólidos Suspendidos Totales e Índice Fenal. Dentro de la Unidad de Planificación Hídrica se estudiaron los siguientes pozos:

Tabla 6- 17 Pozos de monitoreo de calidad de aguas subterráneas

Subcuenca	Pozo	UTM Este	UTM Norte	Ubicación
Teno	M-8	296.503	6.137.603	Fundo El Foso de Teno Noria 1
Teno	M-9	304.050	6.130.202	Huerto Ampurdan, Berenguer
Teno	M-10	302.406	6.138.202	Fundo Las Casas de Teno Pozo 1

Tabla 6- 17 Pozos de monitoreo de calidad de aguas subterráneas				
Subcuenca	**Pozo**	**UTM Este**	**UTM Norte**	**Ubicación**
Lontué	M-5	287.360	6.121.902	Parc. 60 Parcelación Juan XXIII
Lontué	M-6	297.416	6.111.825	Fundo Huertos Santa Cecilia Quechereguas
Lontué	M-7	290.550	6.129.550	DOSSAL Hnos. Sector Mercedes Carolina

Fuente: "Estudio de calidad de aguas subterráneas en la cuenca de los Ríos Huasco y Mataquito" (CNR, 2006).

Los resultados obtenidos de las tres campañas de muestreos (Marzo, Mayo y Septiembre de 2005), no presentaron valores por sobre la norma NCh 1.333 para ninguno de los pozos dentro del área de estudio.

6.2.2.3. UPH3. Cuenca Baja del Mataquito

La red hidrométrica en la cuenca se compone de 1 estación de calidad de aguas subterráneas.

Tabla 6- 18 Red hidrométrica en la cuenca				
Nombre Subcuenca	**Código**	**Nombre Estación de Calidad de Aguas**	**Código BNA**	**Naturaleza**
Rio Mataquito	0712	Pozo Sector Lora	07123007-4	Subterránea

Fuente: Dirección General de Aguas

No se encontraron parámetros por sobre los umbrales establecidos en la NCh 1.333 of 87, a excepción del boro y el manganeso, pero sin significación estadística.

Tabla 6- 19 Estadísticas históricas de parámetros medidas en la estación "Pozo Sector Lora"		
Parámetro	**NCh 1.333**	**7123007**
		Pozo Sector Lora
Boro	0,75	0,97

Tabla 6- 19 Estadísticas históricas de parámetros medidas en la estación "Pozo Sector Lora"

Parámetro	NCh 1.333	7123007
		Pozo Sector Lora
Aluminio Total	5	0,62
Arsénico total	0,1	0,02
Bicarbonato		285,96
Cadmio total	0,01	0,01
Calcio disuelto		63,92
Calcio total		58,68
Carbonato		1,34
Cianuro	0,2	
Cloruro	200	24,85
Cobalto Total	0,05	0,01
Cobre total	0,2	0,01
Conductividad Especifica	750	519,68
Cromo Hexavalente Disuelto		0,02
Cromo Hexavalente Total	0,1	0,01
Demanda Química de Oxigeno		31,70
Fierro total	5	1,37
Fluoruro	1	
Fosforo total		0,36
Litio disuelto	2,5	
Magnesio disuelto		14,44
Magnesio total		19,07
Manganeso total	0,2	0,20
Mercurio disuelto	0,001	0,00
Mercurio total		0,00
Molibdeno disuelto	0,01	0,03
Níquel total	0,2	0,01
Nitrato		1,62
Oxígeno Disuelto		5,08

Tabla 6- 19 Estadísticas históricas de parámetros medidas en la estación "Pozo Sector Lora"

Parámetro	NCh 1.333	7123007
		Pozo Sector Lora
pH		7,67
Plata total	0,2	0,01
Plomo total	5	0,03
Potasio disuelto		12,06
Potasio total		14,76
Razón de Absorción de Sodio (RAS)		0,88
Selenio disuelto	0,02	0,00
Selenio total	0,02	
Sodio disuelto		29,22
Sodio total		27,80
Solidos Suspendidos Totales	500	
Sulfato	250	23,78
Temperatura del Agua		14,67
Zinc total	2	0,02

Fuente: Análisis Crítico de la Red de Calidad de Aguas Superficiales y subterráneas de la DGA (2014)

Nota: en Amarillo, las series de datos que no pueden ser evaluadas por que la mayoría de los registros se encuentran por debajo del límite de detección (LD), o bien por que cuentan con menos de 15 registros. En Rojo, los parámetros cuyo promedio histórico excede el valor recomendado por la NCh 1.333, Tabla 1, Concentraciones Máximas de Elementos Químicos en Agua para Riego.

Según el estudio citado con anterioridad (Estudio de Calidad de Aguas Subterráneas de Huasco y Mataquito, realizado por la CNR el 2006), se analizaron 10 muestras de agua tomadas en pozos distribuidos entre la Cuenca Baja del Mataquito (M-1 a M-4 del acuífero A5 Aluvial del Bajo Mataquito) y la Cuenca Alta del Mataquito (M-5 a M-10 del acuífero A3 *Aluvial de los ríos Teno y Lontué*). Dentro de la Unidad de Planificación Hídrica 3 se estudiaron los siguientes pozos:

Tabla 6- 20 Pozos de monitoreo en la Cuenca Baja del Mataquito

Subcuenca	Pozo	UTM Este	UTM Norte	Ubicación
Mataquito	M-1	221480	6121305	Estadio municipal de Lora
Mataquito	M-2	244037	6126638	Estadio municipal de Hualañé
Mataquito	M-3	257619	6113890	APR La Huerta. Calla La Parroquia
Mataquito	M-4	279400	6124900	Reserva Cora Nº 1. La Primavera. Noria 1

Fuente: CNR en 2006

Las aguas fueron analizadas según la Norma 133 para los siguientes parámetros: Alcalinidad Total, Bicarbonatos, Calcio, Carbonatos, Conductividad Eléctrica, DBO5, DQO, Dureza total, Magnesio, Nitritos, Nitratos, Potasio, RAS, Sólidos Disueltos Totales, Sodio, Índice Fenol y Fosforo Total.

Los resultados de la analítica, salvo en la M-1, situada en la Cuenca Baja del Mataquito (UPH 3), que dio unos contenidos altos en Aluminio, Hierro y Manganeso, es buena. Estos elementos metálicos están presentes en las aguas subterráneas asociados a la actividad volcánica de la región.

En cuanto al resto de los elementos, los contenidos están por debajo de los límites permitidos, salvo algunos casos aislados de contenidos algo altos de Nitritos, asociados a una leve contaminación orgánica, atribuida a fuentes puntuales y locales.

En otro de los documentos consultados, RH015: Exploración de los Recursos Hídricos subterráneos, Región VII, realizado por la DGA en 1999, se incluyen datos de las analíticas efectuadas a 37 muestras de agua subterránea, tomadas de pozos de la Región de Maule. Entre ellas se encuentran 16 analíticas de pozos ubicados en esta UPH 2, en las comunas de Curicó, Molina, Teno y Lontué.

Los resultados de los análisis efectuados a los elementos: Magnesio, Manganeso, Mercurio, Nitratos, Plomo, Selenio, Sulfatos, Zinc, pH y Sólidos Totales disueltos, fueron buenos. Los elementos metálicos están todos por

debajo del límite de detección, los Nitratos no pasan de los 4 mg/L y los Sólidos Totales Disueltos se mueven en valores de 160 a 368 mg/L, que son aguas de baja salinidad.

6.2.2.4. UPH4. Cuencas costeras entre ríos Mataquito y Maule

En la Unidad de Planificación Hídrica no existen estaciones de seguimiento de calidad de aguas subterráneas pertenecientes a la Red de Calidad de Aguas de la DGA.

Solamente se dispone de un dato analítico con el que valorar la calidad química del agua subterránea que circula por los reducidos sectores acuíferos que se pudiesen encontrar en las formaciones metamórficas y graníticas, de baja permeabilidad, que afloran en la demarcación hidrográfica de la cuenca costera. Es una muestra de agua tomada en Coipe, en el año 2003, que salvo en la concentración de Hierro (15 mg/l), en el resto de los elementos analizados presenta buena calidad (doc. RH020).

En general ante la naturaleza geoquímica de los materiales metamórficos y graníticos por los que transita el agua, además del corto tiempo de residencia en el que se mantiene el agua subterráneamente en el "acuífero", es de suponer que está presente una baja concentración de sales. Así mismo, el hecho de ser áreas con poca densidad de población, hace considerar que la calidad bacteriológica del agua también deba ser buena.

En el caso del acuífero A7 se ha contado con dos muestras de agua tomada en la zona de Putú. Las dos muestras presentaban buena calidad, con bajos contenidos en Arsénico, Nitritos y Nitratos (doc. RH020). No obstante, en este acuífero costero, que está en contacto hidrodinámico directo con el mar, hay que vigilar que su salinidad no empeore ante la intrusión marina que se pudiese provocar en él, si con el bombeo de los pozos que lo explotan se produjesen conos de depresión acentuados, por debajo de la cota del nivel del mar.

6.2.2.5. UPH5. Cuenca Alta del Río Maule

En la Unidad de Planificación Hídrica no existen estaciones de seguimiento de calidad de aguas subterráneas pertenecientes a la Red de Calidad de Aguas de la DGA.

No se dispuso de ningún dato analítico, con el que valorar la calidad química del agua subterránea que circula y se almacena en el acuífero A8, ni tampoco de la que circula por los reducidos sectores acuíferos que se pudiesen encontrar en las formaciones volcánicas y graníticas, de baja permeabilidad, que afloran en la demarcación hidrográfica de la cuenca.

En general se puede suponer que, ante la naturaleza geoquímica de los materiales por los que transita el agua y el corto tiempo de residencia en el que generalmente se mantiene, el agua subterránea en los niveles acuíferos someros de las formaciones volcánicas y graníticas, su calidad química presente una baja concentración en sales. Así mismo, el hecho de ser áreas con poca densidad de población, hace considerar que la calidad bacteriológica del agua también deba ser buena.

En el acuífero aluvial **A8**, al estar recargado por aguas superficiales de la cuenca alta del río, su calidad en principio debe ser buena, aunque, ante el hecho de la presencia de explotaciones mineras aguas arriba de su afloramiento, pudiera ocurrir que tuviese alguna contaminación de elementos metálicos. Por tanto, sería conveniente mantener una cierta vigilancia y control de su calidad química.

6.2.2.6. UPH6. Cuenca Media y Baja del Río Maule

La red hidrométrica en la cuenca se compone de 1 estación de calidad de aguas subterráneas.

Tabla 6- 21 Red hidrométrica en la cuenca

Nombre Subcuenca	Código	Nombre Estación de Calidad de Aguas	Código BNA	Naturaleza
Río Claro	0737	Pozo Viña Concha y Toro (Rauquén)	07379004-2	Subterránea

Fuente: Dirección General de Aguas

Según el estudio "Análisis Crítico de la Red de Calidad de Aguas Superficiales y Subterráneas de la DGA" (DGA, 2014)", no se identificaron parámetros que excedieran los umbrales establecidos en la NCh 1.333 of 87, Tabla de usos de agua para riego.

Tabla 6- 22 Estadísticas históricas de parámetros medidas en la estación "Pozo Viña Concha y Toro"

		7379004
Parámetro	**NCh 1.333**	**Pozo Viña Concha y Toro (Rauquén)**
Boro	0,75	0,97
Aluminio Total	5	0,30
Arsénico total	0,1	0,01
Bicarbonato		152,61
Cadmio total	0,01	0,01
Calcio disuelto		27,14
Calcio total		26,74
Carbonato		1,91
Cianuro	0,2	
Cloruro	200	11,18
Cobalto Total	0,05	0,01
Cobre total	0,2	0,01
Conductividad Especifica	750	299,28
Cromo Hexavalente Disuelto		0,02
Cromo Hexavalente Total	0,1	0,01
Demanda Química de Oxígeno		17,17
Fierro total	5	0,06
Fluoruro	1	
Fosforo total		0,17
Litio disuelto	2,5	
Magnesio disuelto		11,28

Tabla 6- 22 Estadísticas históricas de parámetros medidas en la estación "Pozo Viña Concha y Toro"

		7379004
Parámetro	**NCh 1.333**	**Pozo Viña Concha y Toro (Rauquén)**
Magnesio total		10,55
Manganeso total	0,2	0,01
Mercurio disuelto	0,001	0,00
Mercurio total		0,00
Molibdeno disuelto	0,01	0,03
Níquel total	0,2	0,01
Nitrato		1,95
Oxígeno Disuelto		6,55
pH		7,47
Plata total	0,2	0,01
Plomo total	5	0,03
Potasio disuelto		4,76
Potasio total		5,24
Razón de Absorción de Sodio (RAS)		0,68
Selenio disuelto	0,02	0,00
Selenio total	0,02	
Sodio disuelto		16,59
Sodio total		17,90
Solidos Suspendidos Totales	500	
Sulfato	250	10,52
Temperatura del Agua		18,39
Zinc total	2	0,02

Fuente: Análisis Crítico de la Red de Calidad de Aguas Superficiales y subterráneas de la DGA (2014)

Nota: en Amarillo, las series de datos que no pueden ser evaluadas por que la mayoría de los registros se encuentran por debajo del límite de detección (LD), o bien por que cuentan con menos de 15 registros. En Rojo, los parámetros cuyo promedio histórico excede el valor recomendado por la NCh 1.333, Tabla 1, Concentraciones Máximas de Elementos Químicos en Agua para Riego.

Las demás referencias encontradas en los documentos consultados sobre la calidad de las aguas subterráneas en la cuenca del río Maule, son las incluidas en:

- Doc. RH030 del 2003, en el que fueron muestreados y analizadas aguas de 20 pozos distribuidos por la cuenca. Según se indica en sus resultados "*todos los valores analizados se encuentran por debajo de los máximos estipulados para el uso del agua en consumo doméstico y regadío; solamente algunos valores aislados superan estos límites"* (no se indica cuáles son estos).

- Doc. SAP010, también del 2003, en el que se indica que la calidad del agua subterránea es buena, con un bajo contenido en sólidos totales disueltos, que varía entre 88 mg/L en Linares hasta los 370 mg/L en la localidad de Pocillas. En toda la cuenca oscilan en torno a 150 a 200 mg/L.

-

6.2.2.7. UPH7. Cuenca del Río Perquilauquén

La red hidrométrica en la cuenca se compone de 1 estación de calidad de aguas subterráneas.

Tabla 6- 23 Red hidrométrica en la cuenca

Nombre Subcuenca	Código	Nombre Estación de Calidad de Aguas	Código BNA	Naturaleza
Perquilauquén Alto	0733	Pozo Lara Benavente	07336004-8	Subterránea

Fuente: Dirección General de Aguas

El estudio "Análisis Crítico de la Red de Calidad de Aguas Superficiales y subterráneas de la DGA" (2014), realizó un análisis estadístico sobre las series de datos de análisis de calidad de aguas en todas las estaciones superficiales y subterráneas del país. De este análisis, se conoce que para el Pozo Lara Benavente ninguno de los parámetros analizados se encuentran por sobre lo recomendado en la Norma Chilena 1.333, Recomendaciones de Calidad de

Aguas para distintos usos, en su tabla 1, Concentraciones máximas de elementos químicos en agua para riego. Únicamente superan la norma el boro y el molibdeno, pero sin significación para el análisis.

Tabla 6- 24 Estadísticas históricas de parámetros medidas en la estación "Pozo Lara Benavente"

		7336004
Parámetro	**NCh 1.333**	**Pozo Lara Benavente**
Boro	0,75	0,96
Aluminio Total	5	0,34
Arsénico total	0,1	0,04
Bicarbonato		139,16
Cadmio total	0,01	0,01
Calcio disuelto		26,10
Calcio total		50,26
Carbonato		0,95
Cianuro	0,2	
Cloruro	200	46,76
Cobalto Total	0,05	0,01
Cobre total	0,2	0,01
Conductividad	750	389,24
Cromo VI Disuelto		0,02
Cromo VI Total	0,1	0,01
Demanda Química de Oxigeno		14,91
Fierro total	5	0,10
Fosforo total		0,22
Litio disuelto	2,5	
Magnesio disuelto		9,67
Magnesio total		26,24
Manganeso total	0,2	0,02
Mercurio disuelto	0,001	
Mercurio total		0,00
Molibdeno disuelto	0,01	0,02
Níquel total	0,2	0,01
Nitrato		1,38

Tabla 6- 24 Estadísticas históricas de parámetros medidas en la estación "Pozo Lara Benavente"

		7336004
Parámetro	**NCh 1.333**	**Pozo Lara Benavente**
Oxígeno Disuelto		8,47
pH		7,38
Plata total	0,2	0,01
Plomo total	5	0,02
Potasio disuelto		2,70
Potasio total		2,25
Razón de Absorción de Sodio (RAS)		0,96
Selenio disuelto	0,02	0,00
Selenio total	0,02	
Sodio disuelto		22,76
Sodio total		61,35
Solidos Suspendidos Totales	500	
Sulfato	250	6,22
Temperatura del Agua		18,35
Zinc total	2	0,14

Fuente: Análisis Crítico de la Red de Calidad de Aguas Superficiales y subterráneas de la DGA (2014)

Nota: en Amarillo, las series de datos que no pueden ser evaluadas por que la mayoría de los registros se encuentran por debajo del límite de detección (LD), o bien por que cuentan con menos de 15 registros. En Rojo, los parámetros cuyo promedio histórico excede el valor recomendado por la NCh 1.333, Tabla 1, Concentraciones Máximas de Elementos Químicos en Agua para Riego.

Las demás referencias encontradas en los documentos consultados sobre la calidad de las aguas subterráneas en esta cuenca, son las incluidas en:

- Doc.RH020 del 2003, en el que fueron muestreados y analizadas aguas de 14 pozos distribuidos principalmente por la subcuenca del Cauquenes. En las analíticas realizadas, la conductividad eléctrica medida varía entre valores de 38,4 a 650 µmohs/cm, los elementos metálicos analizados (Cu, As, Fe) están todos por debajo de los límites máximos permitidos y sólo en dos de los pozos de la localidad de Cauquenes se detectó un contenido de

nitratos de 11 mg/L. Con estas características el agua subterránea es de buena calidad y sólo requiere un ligero tratamiento para su uso doméstico.

- Doc. SAP010 también del 2003, en el que se indica que la calidad del agua subterránea es buena, con un bajo contenido en sólidos totales disueltos, que varía hasta los 370 mg/L en la localidad de Pocillas (comuna de Cauquenes).
- En las 2 estaciones de calidad del agua subterránea que en la actualidad controla la DGA (en la cuenca del Perquilauquén, cuya ubicación se presenta en el mapa de redes), la composición química de las mismas es buena, tanto para uso doméstico como para el regadío.

6.2.2.8. UPH8. Cuenca del Río Loncomilla

En la Unidad de Planificación Hídrica no existen estaciones de seguimiento de calidad de aguas subterráneas pertenecientes a la Red de Calidad de Aguas de la DGA.

Las únicas referencias encontradas en los documentos consultados sobre la calidad de las aguas subterráneas en la cuenca del río Maule, son las incluidas en:

- Doc. RH030 del 2003, en el que fueron muestreadas y analizadas aguas de 20 pozos distribuidos por la cuenca. Según se indica en sus resultados *todos los valores analizados se encuentran por debajo de los máximos estipulados para el uso del agua en consumo doméstico y regadío; solamente algunos valores aislados superan estos límites* (no se indica cuáles son estos).
- Doc. SAP010 también del 2003, en el que se indica que la calidad del agua subterránea es buena, con un bajo contenido en sólidos totales disueltos, que varía entre 88 mg/L en Linares hasta los 370 mg/L en la localidad de Pocillas. En toda la cuenca oscilan en torno a 150 a 200 mg/L.

6.2.2.9. UPH9. Cuencas costeras entre río Maule y límite de la Región

De las cinco subcuencas integradas en la UPH9, tan sólo dispone de estación de seguimiento de calidad de aguas subterráneas perteneciente a la Red de Calidad de Aguas de la DGA, la subcuenca del río Reloca (código 741).

Tabla 6- 25 Red hidrométrica en la cuenca

Nombre Subcuenca	Código	Nombre Estación de Calidad de Aguas	Código BNA	Naturaleza
Rio Reloca	0741	Pozo Fundo La Estrella	07410000-7	Subterránea

Fuente: Dirección General de Aguas

El estudio "Análisis Crítico de la Red de Calidad de Aguas Superficiales y Subterráneas de la DGA" (2014), realizó un estudio estadístico sobre las series de datos de análisis de calidad de aguas en todas las estaciones superficiales y subterráneas del país. De este análisis, se tiene que para el Pozo Fundo La Estrella, ninguno de los parámetros analizados se encuentran sobre lo recomendado en la Norma Chilena 1.333, Recomendaciones de Calidad de Aguas para distintos usos, en su tabla 1, Concentraciones máximas de elementos químicos en agua para riego. Únicamente superan la norma el boro y el molibdeno, pero sin significación para el análisis.

Tabla 6- 26 Estadísticas históricas de parámetros medidas en la estación "Pozo Fundo la Estrella"

Parámetro	NCh 1.333	Pozo Fundo La Estrella7410000
Boro	0,75	0,97
Aluminio Total	5	0,34
Arsénico total	0,1	0,01
Bicarbonato		167,02
Cadmio total	0,01	0,01
Calcio disuelto		26,02
Calcio total		29,52
Carbonato		0,00
Cianuro	0,2	
Cloruro	200	35,18

Tabla 6- 26 Estadísticas históricas de parámetros medidas en la estación "Pozo Fundo la Estrella"

Parámetro	NCh 1.333	Pozo Fundo La Estrella7410000
Cobalto Total	0,05	0,01
Cobre total	0,2	0,02
Conductividad Especifica	750	394,94
Cromo Hexavalente Disuelto		0,02
Cromo Hexavalente Total	0,1	0,01
Demanda Química de Oxigeno		14,09
Fierro total	5	0,10
Fluoruro	1	
Fosforo total		0,21
Litio disuelto	2,5	
Magnesio disuelto		10,37
Magnesio total		12,80
Manganeso total	0,2	0,02
Mercurio disuelto	0,001	
Mercurio total		0,00
Molibdeno disuelto	0,01	0,03
Níquel total	0,2	0,01
Nitrato		2,27
Oxígeno Disuelto		7,51
pH		7,12
Plata total	0,2	0,01
Plomo total	5	0,03
Potasio disuelto		1,17
Potasio total		1,21
Razón de Absorción de Sodio (RAS)		1,39
Selenio disuelto	0,02	0,00
Selenio total	0,02	
Sodio disuelto		32,94
Sodio total		38,12
Solidos Suspendidos Totales	500	
Sulfato	250	12,11
Temperatura del Agua		16,62

Tabla 6- 26 Estadísticas históricas de parámetros medidas en la estación "Pozo Fundo la Estrella"

Parámetro	NCh 1.333	Pozo Fundo La Estrella7410000
Zinc total	2	0,08

Fuente: Análisis Crítico de la Red de Calidad de Aguas Superficiales y subterráneas de la DGA (2014)

Nota: en Amarillo, las series de datos que no pueden ser evaluadas por que la mayoría de los registros se encuentran por debajo del límite de detección (LD), o bien por que cuentan con menos de 15 registros. En Rojo, los parámetros cuyo promedio histórico excede el valor recomendado por la NCh 1.333, Tabla 1, Concentraciones Máximas de Elementos Químicos en Agua para Riego.

En el resto de documentos, el único análisis de agua con el que se pudo contar fue con un punto subterráneo controlado en 1995, en Pinolta (doc. RH020), en el que la calidad del agua analizada en sus parámetros metálicos (Cu, Fe, As) y NO_2, dan valores por debajo del límite permitido y una conductividad de 728 µmohs/cm, lo que se corresponde con una buena calidad química del agua. En el caso del acuífero costero A16 que está en contacto hidrodinámico directo con el mar, hay que vigilar que su salinidad no se incremente ante la posible intrusión marina que se pudiese provocar en él, si se produjeran con los bombeos conos de depresión acentuados, por debajo de la cota del mar.

6.3. UBICACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LAS FUENTES EMISORAS SOBRE LAS AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS

En el capítulo de diagnóstico de la situación ambiental de la región del Maule se abordan las presiones sobre cada cuenca, incluyendo aquellas que resultan de procesos de contaminación difusa y directa. En este numeral se describen aquellas presiones que son producto sólo de fuentes emisoras directas sobre las aguas superficiales y subterráneas, para cada UPH.

6.3.1. UPH1. Subcuenca Lago Vichuquén

Población y saneamiento

La cuenca se caracteriza por la alta dispersión de los asentamientos humanos, con dominancia de localidades costeras como Iloca, Duao y La Pesca. En el interior destaca la localidad de Vichuquén.

Aguas Nuevo Sur S.A. cuenta con una planta de tratamiento de aguas servidas para la localidad de Iloca, que atiende a una población de 900 personas. Además, en la zona se emplaza el vertedero Vichuquén.

Actividades productivas

Existe una intensa actividad turística asociada al lago Vichuquén, la que provocaría el aumento de descargas de materia orgánica y coliformes, que explicaría la presencia de aceites y grasas señalada por el Ministerio de Medioambiente el 2015. No se identificaron descargas autorizadas por la SISS.

6.3.2. UPH2. Subcuencas Río Teno y Río Lontué

Población y saneamiento

Los principales asentamientos humanos de las subcuencas dentro de esta UPH se presentan en el cuadro siguiente:

Tabla 6- 27 Principales asentamientos en la UPH 2

Subcuenca	Asentamiento	Población Total 2002
Río Teno	Teno	25.596
Río Teno	Rauco	8.566
Río Lontué	Curicó	177.766
Río Lontué	Molina	38.521
Río Lontué	Sagrada Familia	17.519
Río Lontué	Lontué	7.979

Fuente: INE, 2016

En la unidad se encuentran las siguientes plantas de tratamiento de aguas servidas.

Tabla 6- 28 Plantas de tratamiento de aguas servidas en la UPH 2

Empresa gestora	Localidad	Población urbana con saneamiento (habitantes)	Cobertura población urbana (%)	Subcuenca
NUEVOSUR S.A.	Los Queñes	225	27,0%	RÍO TENO
NUEVOSUR S.A.	Rauco	4.862	86,5%	
NUEVOSUR S.A.	Romeral	5.900	81,5%	
NUEVOSUR S.A.	Teno	10.750	93,2%	
AGUAS DEL CENTRO	Loteo Doña Carmen (Sarmiento)	3.148	100,0%	
AGUAS SARMIENTO	Sarmiento	7.127	97,1%	
NUEVOSUR S.A.	Curicó	121.487	99,1%	RÍO LONTUÉ
NUEVOSUR S.A.	Lontué	11.146	91,9%	
NUEVOSUR S.A.	Molina	27.236	95,1%	
COOPERATIVA SAGRADA FAMILIA	Sagrada Familia	3.447	90,4%	

Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), 2014.

Actividades productivas

El sector se caracteriza por la presencia de agroindustrias. En la subcuenca se identificó un total de 39 descargas autorizadas por la SISS, de las cuales 22 corresponden a elaboración y envasado de frutas y legumbres, y 8 a fabricación de vinos.

Tabla 6- 29 Descargas autorizadas por la SISS en la UPH 2	
Código de Actividad económica	**UPH 2**
Cría de ganado porcino	0
Elaboración y envasado de frutas y legumbres (incluido los jugos)	22
Cría y explotación animales no clasificados en otra parte	1
Conservas, caldos concentrados y otros alimentos deshidratados	1
Fabricación de papel y cartón	0
Fabricación de pulpa de madera	0
Aserraderos y otros talleres para preparar madera	0
Curtiduría y talleres de acabado	1
Elaboración de alimentos preparados para animales	0
Servicios de saneamiento y similares	1
Elaboración de bebidas no alcohólicas y aguas minerales gasificadas, embotellado de aguas naturales y minerales	0
Fabricación y refinación de azúcar	1
Otros servicios agrícolas	1
Industrias alimenticias no clasificadas en otra parte	1
Fabricación de vinos (las empresas que solo embotellan, sin mezclar)	8
Matanza de ganado	1
Reproducción peces y mariscos	0
Corretaje agrícola, frutícola y lechera	1
Fabricación de mantequilla, queso, quesillos, crema y yogurt	0
No especificado	0
TOTAL	**39**

Fuente: SISS (www.siss.cl), consolidado de riles de la VII región, período 2013, 2014 y 2015 (autocontrol)

6.3.3. UPH3. Cuenca Baja del Mataquito

Población y saneamiento

Los principales asentamientos humanos de la subcuenca de esta UPH son las localidades de Curepto, Hualañé y Licantén. El saneamiento es cercano al 70% de la población urbana. En la unidad se encuentran las siguientes plantas de tratamiento de aguas servidas.

Tabla 6- 30 Plantas de tratamiento de aguas servidas en la UPH 3				
Empresa gestora	**Localidad**	**Población urbana total (habitantes)**	**Población urbana con saneamiento (habitantes)**	**Cobertura población urbana (%)**
NUEVOSUR S.A.	Curepto	3.737	2.864	76,6%
NUEVOSUR S.A.	Hualañe	5.897	3.711	62,9%
NUEVOSUR S.A.	Licantén	4.192	3.239	77,3%
	TOTAL	13.826	9.814	71,0%

Fuente: SISS, 2016

Además, se encuentra el relleno sanitario de Ecomaule.

Actividades productivas

En la subcuenca se desarrollan actividades de tipo agrícola (cultivos de maíz, viñas y hortalizas entre otros -en la planicie fluvial-), con fuerte presencia de agroindustrias. Se desarrollan también actividades forestales, tanto a nivel productivo (bosques), como de elaboración de productos, específicamente la planta de producción de celulosa Licancel (Forestal Arauco). No se identificaron otras descargas autorizadas por la SISS distintas a la planta de celulosa.

6.3.4. UPH4. Cuencas costeras entre ríos Mataquito y Maule

Población y saneamiento

En la UPH existen distintas localidades de menor tamaño, donde destaca Putú, con 1.678 habitantes.

Tabla 6- 31 Plantas de tratamiento de aguas servidas en la UPH 4

Empresa	Localidad	Población urbana total (habitantes)	Población urbana con saneamiento (habitantes)	Cobertura población urbana (%)
NUEVOSUR S.A.	GUALLECO	565	200	35,4%
NUEVOSUR S.A.	PUTÚ	1.678	1.189	70,9%
	TOTAL	2.243	1.389	61,9%

Fuente: SISS, 2016

Actividades productivas

La principal actividad productiva de la subcuenca es la producción forestal, que ocupa el 57% de la superficie total. Además, se identificaron, según el Atlas de Faenas Mineras de Sernageomin 3 explotaciones, las que se listan en el diagnóstico ambiental. No se identificaron descargas autorizadas por la SISS.

6.3.5. UPH5. Cuenca Alta del Río Maule

Población y saneamiento

No se identificaron centros poblados relevantes dentro de la unidad, a excepción de las instalaciones de faenas y administración asociadas a las centrales hidroeléctricas Pehuenche, Cipreses y Los Cóndores (esta última en construcción).

Actividades productivas

Las actividades productivas principales corresponden a la generación de energía eléctrica, que regulan esta unidad, así como las que se encuentran aguas abajo. En complemento, existen actividades ganaderas de tipo transhumante, con desarrollo de veranadas e invernadas, que pudieran resultar en alteraciones de la calidad de las aguas, principalmente por contaminación biológica.

En la unidad se identificaron 12 descargas autorizadas por la SISS, todas ellas correspondientes al campamento de la Central Hidroeléctrica Los Cóndores. Los cuerpos receptores corresponden al río Maule (10 descargas) y estero Lo Aguirre (2 descargas).

6.3.6. UPH6. Cuenca Media y Baja del Río Maule

6.3.7. Población y saneamiento

Las principalidades localidades dentro de esta unidad corresponden a Talca, Constitución, San Clemente, San Rafael y Pelarco. Las que cuentan con Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas que atienden al 98,4% de la población urbana son las siguientes:

Tabla 6- 32 Plantas de tratamiento de aguas servidas en la UPH 6

EMPRESA	LOCALIDAD	Población urbana total (habitantes)	Población urbana con saneamiento (habitantes)	Cobertura población urbana (%)
NUEVOSUR S.A.	TALCA	219.273	217.584	99,2%
NUEVOSUR S.A.	CONSTITUCION	32.903	31.713	96,4%
NUEVOSUR S.A.	SAN CLEMENTE	19.563	18.564	94,9%
NUEVOSUR S.A.	SAN RAFAEL	3.897	3.557	91,3%
NUEVOSUR S.A.	PELARCO	3.125	2.783	89,1%
	Total	278.760	274.202	98,4%

Fuente: SISS, 2016

No cuentan con plantas las localidades de Pencahue, Río Claro, Maule,

Actividades productivas

La actividad agrícola corresponde principalmente a plantaciones de frutales, viñas, parronales y hortalizas, además del desarrollo agroindustrial asociado, que puede resultar en contaminación difusa por plaguicidas y fertilizantes, así como descargas de RILES de agroindustrias.

Las industrias principales en la subcuenca del río Claro son: fábrica de papel y cartón Schorr y Concha, Viña Concha y Toro, Curtiembres, industrial alimenticias y agroindustriales, entre otras.

Se identificó un total de 26 descargas autorizadas por la SISS en esta unidad, de las cuales 6 corresponden a reproducción de peces y mariscos (propiedad de Salmones Colbún), 4 a elaboración y envasado de frutas y legumbre, y 4 a fabricación de vinos; servicios de saneamiento (2), aserraderos (2), entre otros.

Tabla 6- 33 Descargas autorizadas por la SISS en la UPH 6	
Código de Actividad económica	**UPH 6**
Cría de ganado porcino	1
Elaboración y envasado de frutas y legumbres (incluido los jugos)	4
Cría y explotación animales no clasificados en otra parte	0
Conservas, caldos concentrados y otros alimentos deshidratados	1
Fabricación de papel y cartón	1
Fabricación de pulpa de madera	0
Aserraderos y otros talleres para preparar madera	2
Curtiduría y talleres de acabado	1
Elaboración de alimentos preparados para animales	0
Servicios de saneamiento y similares	2
Elaboración de bebidas no alcohólicas y aguas minerales gasificadas y embotellado de aguas naturales y minerales	1
Fabricación y refinación de azúcar	0
Otros servicios agrícolas	0
Industrias alimenticias no clasificadas en otra parte	0
Fabricación de vinos (las empresas que solo embotellan, sin mezclar)	4
Matanza de ganado	0
Reproducción peces y mariscos	6
Corretaje agrícola, frutícola y lechera	0
Fabricación de mantequilla, queso, quesillos, crema y yogurt	0
No especificado	3
TOTAL	**26**

Fuente: SISS (www.siss.cl), consolidado de riles de la VII región, período 2013, 2014 y 2015 (autocontrol)

Minería

Existe una única mina activa en la UPH que se dedica a extraer minerales preciosos oro y plata, además de cobre. Además existen otras 4 minas, 3 irregulares y otra abandonada, un depósito de relaves (cerrado) y una planta chancado (abandonada).

El depósito de relaves corresponde al tranque de relave Las Palmas, que sufrió un colapso en forma posterior al terremoto del año 2010. Un estudio realizado por el DICTUC estimó que 2,44 hectáreas de tranque de relave colapsaron en 10,86 hectáreas de terreno aledaño, bloqueando dos cauces, correspondientes

a la Quebrada Los Ladrones y el Estero Las Palmas. El área de la zona noroeste del tranque no colapsó, pero presentó serios riesgos de derrumbe, punto que no es el foco de este estudio y que deberá ser evaluado por otro grupo de especialistas. El volumen total colapsado representa aproximadamente 200.000 m3, las obstrucciones de los cauces se estiman en 23.000 m3 para las dos zonas del Estero Las Palmas y en 42.000 m3 para la Quebrada Los Ladrones. El material colapsado está compuesto principalmente por relave y en parte por la cobertura de suelo dispuesta originalmente sobre el relave para el proceso de cierre. Localmente, el material derrumbado contiene objetos arrastrados durante el evento, incluyendo mangueras, máquinas y restos de estructuras.

6.3.8. UPH7. Cuenca del Río Perquilauquén

Población y saneamiento

Las principales localidades de la unidad son Cauquenes, Parral y Retiro, que cuentan con sistemas de tratamiento de aguas servidas. La localidad de Ñiquén no cuenta con tratamiento.

Tabla 6- 34 Plantas de tratamiento de aguas servidas en la UPH 7

Empresa gestora	Localidad	Población urbana total (habitantes)	Población urbana con saneamiento (habitantes)	Cobertura población urbana (%)
NUEVOSUR S.A.	CAUQUENES	38.104	36.659	96,2%
NUEVOSUR S.A.	PARRAL	31.037	29.836	96,1%
NUEVOSUR S.A.	RETIRO	5.247	4.882	93,0%
	Total	74.389	71.378	96,0%

Fuente: SISS, 2016

Actividades productivas

En esta Unidad de Planeamiento Hídrico, la principal actividad productiva del sector es la agricultura y la agroindustria. Sin embargo sólo se identificaron 5 descargas autorizadas por la SISS, que corresponden a elaboración y

envasado de frutas y legumbres (2), fabricación de vinos (2) y elaboración de alimentos para animales (1).

Tabla 6- 35 Descargas autorizadas por la SISS en la UPH 7

Código de actividad económica	UPH 7
Cría de ganado porcino	0
Elaboración y envasado de frutas y legumbres (incluido los jugos)	2
Cría y explotación animales no clasificados en otra parte	0
Conservas, caldos concentrados y otros alimentos deshidratados	0
Fabricación de papel y cartón	0
Fabricación de pulpa de madera	0
Aserraderos y otros talleres para preparar madera	0
Curtiduría y talleres de acabado	0
Elaboración de alimentos preparados para animales	1
Servicios de saneamiento y similares	0
Elaboración de bebidas no alcohólicas y aguas minerales gasificadas y embotellado de aguas naturales y minerales	0
Fabricación y refinación de azúcar	0
Otros servicios agrícolas	0
Industrias alimenticias no clasificadas en otra parte	0
Fabricación de vinos (las empresas que solo embotellan, sin mezclar)	2
Matanza de ganado	0
Reproducción peces y mariscos	0
Corretaje agrícola, frutícola y lechera	0
Fabricación de mantequilla, queso, quesillos, crema y yogurt	0
No especificado	0
TOTAL	**5**

Fuente: SISS (www.siss.cl), consolidado de riles de la VII región, período 2013, 2014 y 2015 (autocontrol)

Minería

Se identificaron: una mina de arcilla plástica y una planta de molienda de zeolitas en esta UPH. Ambas están activas.

6.3.9. UPH8. Cuenca del Río Loncomilla

Población y saneamiento

La principal localidad dentro de esta unidad es Linares, que concentra la mayor parte de la población (más de 80.000 habitantes). En el siguiente nivel están San Javier (27.000) y Villa Alegre (11.000), el resto de núcleos son de menos de 10.000 habitantes. La mayoría de las poblaciones cuentan con Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas que atienden al 95,2% de la población urbana. El núcleo de Colbún no está identificado entre los que reciben saneamiento en la página de la SISS.

Tabla 6- 36 Plantas de tratamiento de aguas servidas en la UPH 8

Empresa gestora	Localidad	Población urbana total (habitantes)	Población urbana con saneamiento (habitantes)	Cobertura población urbana (%)
NUEVOSUR S.A.	Linares	82.067	80.791	98,4%
NUEVOSUR S.A.	Longaví	6.507	5.186	79,7%
NUEVOSUR S.A.	Villa Alegre	11.396	9.878	86,7%
NUEVOSUR S.A.	Yerbas Buenas	3.479	3.308	95,1%
NUEVOSUR S.A.	San Javier	27.232	26.347	96,8%
	TOTAL	134.204	127.739	95,18%

Fuente: SISS, 2016

Actividades productivas

Las actividades productivas principales de la UPH son Agrícola Nova, Cobra Chile, Empresa almacenadora de combustibles EMALCO, localizadas en Achibueno. Por otra parte en Longaví se encuentran agroindustriales (arroceras).

En la unidad se identificaron 9 descargas autorizadas por la SISS, de las cuales 5 corresponden a elaboración y envasado de frutas y legumbres, además de fabricación de papel y cartón (1), elaboración de bebidas no alcohólicas (1), corretaje agrícola (1) y fabricación de derivados lácteos (1).

Tabla 6- 37 Descargas autorizadas por la SISS en la UPH 8	
Código de actividad económica	**UPH 8**
Cría de ganado porcino	0
Elaboración y envasado de frutas y legumbres (incluido los jugos)	5
Cría y explotación animales no clasificados en otra parte	0
Conservas, caldos concentrados y otros alimentos deshidratados	0
Fabricación de papel y cartón	1
Fabricación de pulpa de madera	0
Aserraderos y otros talleres para preparar madera	0
Curtiduría y talleres de acabado	0
Elaboración de alimentos preparados para animales	0
Servicios de saneamiento y similares	0
Elaboración de bebidas no alcohólicas y aguas minerales gasificadas y embotellado de aguas naturales y minerales	1
Fabricación y refinación de azúcar	0
Otros servicios agrícolas	0
Industrias alimenticias no clasificadas en otra parte	0
Fabricación de vinos (las empresas que solo embotellan, sin mezclar)	0
Matanza de ganado	0
Reproducción peces y mariscos	0
Corretaje agrícola, frutícola y lechera	1
Fabricación de mantequilla, queso, quesillos, crema y yogurt	1
No especificado	0
TOTAL	**9**

Fuente: SISS, 2016

Minería

En esta UPH no se ha localizado ningún desarrollo minero de relevancia.

6.3.10. UPH9. Cuencas costeras entre río Maule y límite de la Región

Población y saneamiento

Los núcleos poblacionales más importantes de la UPH son Chanco, Curanipe, Empedrado y Pelluhue, donde se concentra la demanda urbana. La cobertura

del saneamiento es alta 78,8%, aunque todavía no se ha alcanzado la cobertura total.

Tabla 6- 38 Plantas de tratamiento de aguas servidas en la UPH 9

Empresa gestora	Localidad	Población urbana total (habitantes)	Población urbana con saneamiento (habitantes)	Cobertura población urbana (%)
NUEVOSUR S.A.	Chanco	4.249	3.875	91,2%
NUEVOSUR S.A.	Curanipe	1.198	947	79,0%
NUEVOSUR S.A.	Empedrado	3.002	2.391	79,6%
NUEVOSUR S.A.	Pelluhue	2.766	1.625	58,7%
	TOTAL	**11.216**	**8.837**	**78,8%**

Fuente: SISS, 2016

Actividades productivas

Entre las actividades que más agua consumen en la UPH se encuentran la agrícola y la forestal, pero son muy bajas comparadas con el resto de la Región. No se identificó descargas autorizadas por la SISS.

Minería

En esta UPH sí que existen faenas mineras, se contabilizaron 8, de las cuales hay 6 activas, una cerrada y otra irregular que produce sulfuros de cobre. El resto son de arena silícea.

6.3.11. Efectos principales de la contaminación en la calidad de las aguas por fuente emisora

En el capítulo 7 Diagnóstico Ambiental, se relatan las principales presiones que afectan la calidad de las aguas en la cuenca del río Maule. A continuación se

describen los mayores efectos que estas fuentes pueden tener sobre la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.

6.3.11.1. Agricultura y producción forestal

Según se indica en el informe final del programa "Análisis Crítico de la Red de Calidad de Aguas de la Dirección General de Aguas" (DGA, 2014), los principales parámetros de calidad de aguas que se pueden ver afectados en zonas con alto desarrollo agrícola corresponden a DBO5, pH y sólidos suspendidos totales (parámetros físico químicos); sodio, potasio y cloruros (macroelementos); boro, cobre y zinc (metales esenciales); fósforo, nitratos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total y sulfuros (parámetros inorgánicos); carbono orgánico total y halógenos orgánicos absorbibles (AOX); así como lindano, metoxicloro, pentaclorofenol, plaguicida 2.4_D y plaguicida DDT+DDD+DDE (pesticidas organoclorados).

En el caso de producción forestal se agrega la conductividad eléctrica, por arrastre de sólidos al cauce en sectores con faenas de tala rasa.

6.3.11.2. Agroindustria y producción de alimentos

Las principales alteraciones en la calidad del agua producto de la agroindustria y producción de alimentos son: cambios en el color, DBO5, DQO, pH y sólidos suspendidos totales (parámetros fisicoquímicos); concentración de cloruros (macroelementos); cobre y zinc (metales esenciales); fosforo total y fosfatos, nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal y nitrógeno total (parámetros inorgánicos); aceites y grasas, carbono orgánico total, detergentes (SAAM), halógenos orgánicos absorbibles (parámetros orgánicos); coliformes fecales y coliformes totales (parámetros microbiológicos).

Centrales hidroeléctricas / impactos sobre la calidad de las aguas por regulación del cauce

Los principales efectos sobre las aguas se manifiestan potencialmente sobre caudales, niveles y temperatura (parámetros físicos); conductividad eléctrica, DQO, oxígeno disuelto y sólidos suspendidos totales (parámetros fisicoquímicos); cloruros, sulfatos, cobre, cromo, níquel y zinc (metales esenciales); cadmio, mercurio y plomo (metales no esenciales); fluoruros, fósforo, nitrógeno, sulfitos y sulfuro (parámetros inorgánicos); carbono orgánico total e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAH) (parámetros orgánicos); y benceno, tolueno y xilenos (contaminantes orgánicos).

6.3.11.3. Minería

Los principales parámetros de calidad de las aguas afectados por este tipo de actividades son los siguientes: conductividad eléctrica, DBO5, DQO, pH, sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales (parámetros fisicoquímicos); potasio, cloruros y sulfatos (macroelementos); cobalto, cobre, cromo, hierro, manganeso, molibdeno, níquel y zinc (metales esenciales); aluminio, arsénico, cadmio, estaño, mercurio y plomo (metales no esenciales); cianuro, fluoruros, fosfato, fósforo total, nitratos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total, ácido bórico y antimonio (parámetros inorgánicos); carbónico orgánico total, fenoles, halógenos orgánicos absorbibles (AOX), Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), y aceites minerales (parámetros orgánicos)[4].

6.3.11.4. Saneamiento de aguas servidas

En el caso de plantas de tratamiento de aguas servidas y procesamiento de residuos industriales líquidos de origen orgánico, la calidad de las aguas puede verse afectada en DBO5, DQO, pH y sólidos suspendidos totales (parámetros físico químicos); cloruros y sulfatos (macroelementos); boro, cobre, cromo, hierro, manganeso, molibdeno, níquel, selenio y zinc (metales esenciales); aluminio, arsénico, cadmio, estaño, mercurio y plomo (metales no esenciales);

[4] "Análisis Crítico de la Red de Calidad de Aguas de la Dirección General de Aguas". SIT 337. DGA, 2014.

cianuro, fluoruros, fósforo, nitrógeno total, nitrógeno amoniacal y sulfuros (parámetros inorgánicos); aceites y grasas, carbono orgánico total, fenoles, halógenos orgánicos absorbibles (AOX) (parámetros orgánicos); coliformes fecales y totales (parámetros microbiológicos).

6.3.11.5. Cultivos hidrobiológicos

En sectores con cultivos hidrobiológicos los parámetros afectados corresponden a DBO5, DQO, oxígeno disuelto, pH y sólidos suspendidos totales (parámetros físico químicos); fósforo, nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal y nitrógeno total (parámetros inorgánicos); y antibióticos.

6.4. USOS ESPECÍFICOS QUE REQUIEREN CALIDAD DE LAS AGUAS

6.4.1. UPH1. Subcuenca Lago Vichuquén

Vida acuática

La cuenca cuenta con tres cuerpos de agua relevantes desde el punto de vista de la vida acuática: Lago Vichuquén, Laguna Tilicura y Laguna Torca, esta última Reserva Nacional.

Agricultura

La agricultura representa el 5,5% de la superficie de la cuenca con 3.365 ha destinadas a cultivos agrícolas según el Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile (CONAF).

Recreación y consumo humano

El principal uso del agua en la cuenca corresponde al turismo, principalmente en el Lago Vichuquén. Este cuerpo de agua cuenta con numerosas casas de veraneo, cabañas, sitios de camping y es lugar para la realización de deportes acuáticos como el velerismo, esquí acuático o pesca deportiva. Además, dentro

de la cuenca existen 3 captaciones de agua para consumo humano (Estero Iloca, Punteras Rancura y como reserva la noria Iloca).

Según la estimación de las demandas que surgen del documento "Estimaciones de demanda de agua y proyecciones futuras. Zona II. Regiones V a XII y Región Metropolitana 2007", la población total de la UPH es de 3.193 habitantes. Que se reparten como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 6- 39 Estimación de la población en función de las demandas en la UPH 1

UPH		Población			% Región Maule
Nº	Denominación	Rural	Urbana	Total	
1	Costeras entre límite Región y Río Mataquito	2.581	612	3.193	0,34
	TOTAL REGIÓN DEL MAULE	253.987	677.715	931.702	100,00

Fuente: Elaboración propia a partir de Ayala, Cabrera y asociados Ltda. 2007.

Tal y como puede observarse, la población asentada en esta UPH es preferentemente rural.

6.4.2. UPH2. Subcuencas Río Teno y Río Lontué

Consumo humano

En la subcuenca del río Teno la SISS detalló 13 captaciones de agua potable, 12 de las cuales corresponden a aguas subterráneas y se encuentran en uso, y 1 de ellas en desuso (Noria Los Queñes). En la subcuenca del río Lontué se identifican 20 captaciones: 18 en operación y 2 en reserva. De las captaciones que están en operación 17 corresponden a pozos y una a un dren (dren Pichingal).

Tabla 6- 40 Estimación de la población en función de las demandas en la UPH 2

UPH		Población			% Región Maule
	Denominación	Rural	Urbana	Total	
2	Cuenca Alta del Mataquito	34.244	150.471	184.715	19,83
	TOTAL REGIÓN DEL MAULE	253.987	677.715	931.702	

Fuente: Elaboración propia a partir de Ayala, Cabrera y asociados Ltda. 2007.

Tal y como puede observarse, en esta UPH se asienta un quinto de la población de la cuenca, localizada preferentemente en el núcleo urbano de Curicó, además también se concentra la población en Molina, Lontué, Romeral y Teno.

Agricultura

Las subcuencas se caracterizan por su uso agrícola intensivo. En conjunto suman 87 mil hectáreas. Entre los principales cultivos de la cuenca están el maíz, el trigo, las manzanas, las vides y otros tipos de hortalizas. Dentro de la importancia que el rubro agrícola tiene para el desarrollo regional, cabe mencionar los cultivos industriales donde la reactivación de la producción de remolacha dio origen a la construcción de la planta azucarera de Curicó.

Según el estudio "Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de agua según Objetivos de Calidad", capítulo Cuenca del Río Mataquito (DGA, 2004), el uso agrícola de la cuenca es el siguiente.

Tabla 6- 41. Uso agrícola del agua en la UPH 2

Subcuenca	N° de canales	Superficie Regada
Río Teno	201	34.987
Río Lontué	206	55.645
Total	407	90.632

Fuente: "Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de agua según Objetivos de Calidad", capítulo Cuenca del Río Mataquito (DGA, 2004).

Vida acuática

Las subcuencas cuentan con dos humedales relevantes. Las lagunas de Teno en la subcuenca del mismo nombre, específicamente en el valle del río Calor y las Lagunas de Mondaca en el nacimiento del río Lontué.

Recreación

El turismo en la zona se asocia a turismo de naturaleza, principalmente para actividades de campismo y excursión. Existen actividades de rafting en el río Teno, así como kayak y rafting en el río Lontué. En el sector de Los Queñes, en la confluencia de ambas subcuencas, se realiza pesca deportiva principalmente orientada a la extracción de truchas.

6.4.3. UPH3. Cuenca Baja del Mataquito

Consumo humano

La SISS declara 7 puntos de captación de agua potable, 5 de los cuales se encuentran en operación.

Tabla 6- 42 Estimación de la población en función de las demandas en la UPH 3

UPH		Población			% Región del Maule
Nº	Denominación	Rural	Urbana	Total	
3	Cuenca Baja del Mataquito	27.995	26.567	54.562	5,86
	TOTAL REGIÓN DEL MAULE	253.987	677.715	931.702	

Fuente: Elaboración propia a partir de Ayala, Cabrera y asociados Ltda. 2007.

Tal y como puede verse en la tabla, la población rural y urbana es aproximadamente la misma. Los centros poblados son de pequeña entidad.

Agricultura

La subcuenca se caracteriza por un uso agrícola intensivo. En conjunto suman 13.589 hectáreas bajo riego al año 2004. Entre los principales cultivos de la cuenca están el maíz, el trigo, las manzanas, las vides y otros tipos de hortalizas.

Del estudio "Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de agua según Objetivos de Calidad", capítulo Cuenca del Río Mataquito (DGA, 2004), se comenta que el uso agrícola de la cuenca es el siguiente.

Tabla 6- 43 Uso agrícola del agua en la UPH 3

Subcuenca	N° de canales	Superficie Regada
Río Mataquito	116	13.589

Fuente: "Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de agua según Objetivos de Calidad", capítulo Cuenca del Río Mataquito (DGA, 2004).

Recreación

La recreación no está asociada a los cursos o cuerpos de agua en esta subcuenca, con la excepción del uso puntual de ciertos tramos del río Mataquito como balneario, pero no existe una infraestructura desarrollada al respecto. En la desembocadura del río tampoco se aprecian actividades de esta naturaleza.

Vida acuática

La subcuenca cuenta con un porcentaje menor de su superficie cubierta por cursos, cuerpos de agua o humedales. Sólo se identifica el humedal de la desembocadura del río Mataquito dentro de los sitios relevantes en la UPH.

6.4.4. UPH4. Cuencas costeras entre ríos Mataquito y Maule

Consumo humano

Se identificó una única captación de agua potable en el estero Camarico. En esta UPH la población en eminentemente dispersa y en densidades bajas.

Tabla 6- 44 Estimación de la población en función de las demandas en la UPH 4

UPH		Población			% Región del Maule
Nº	Denominación	Rural	Urbana	Total	
4	Costeras Mataquito-Maule	2.834	0	2.834	0,30
	TOTAL REGIÓN DEL MAULE	253.987	677.715	931.702	

Fuente: Elaboración propia a partir de Ayala, Cabrera y asociados Ltda. 2007.

Agricultura

El uso agrícola en la cuenca es menor, alcanzando a 6.193 ha, el 8,3% de la superficie total. Principalmente se concentra en las terrazas en torno a los cauces principales (bajo riego) y en la zona costera, en una franja que se extiende de norte a sur (secano costero). Los cultivos que se observan son principalmente producciones anuales, sin presencia de frutales.

Recreación

No se identificaron actividades recreativas asociadas a cursos y cuerpos de agua en la unidad.

Vida acuática

En la unidad destaca conjunto de humedales: Putú, Cuchi y Huenchullami, además de las lagunas Los Cisnes y Los Pozones que forman parte del complejo de humedales Mataquito-Maule y que alberga hasta unas 40 especies de aves, entre las que destaca la presencia de especies en categoría de

conservación tales como: el cisne de cuello negro, flamenco chileno, cuervo del pantano, garza cuca, piquero, pato cuchara, coscoroba y reptiles[5].

6.4.5. UPH5. Cuenca Alta del Río Maule

Consumo humano

No existen centros poblados relevantes que impliquen captaciones de agua potable en la unidad. Tampoco una gran población rural que se reparta por el territorio.

Tabla 6- 45 Estimación de la población en función de las demandas en la UPH 5

UPH		Población			% Región del Maule
Nº	Denominación	Rural	Urbana	Total	
5	Cuenca Alta del Maule	0	0	0	0,00
	TOTAL REGIÓN DEL MAULE	253.987	677.715	931.702	

Fuente: Elaboración propia a partir de Ayala, Cabrera y asociados Ltda. 2007.

Agricultura

El desarrollo agrícola es menos relevante en esta cuenca, alcanzando una superficie de 1.919 ha, el 0,4% del total.

Recreación

Se realizan actividades de pesca deportiva en la laguna del Maule, Laguna Dial y río Melado. Sectores aledaños a la Laguna del Maule y el río Maule son

[5] http://portal.mma.gob.cl/en-el-humedal-las-burras-de-putu-se-entrego-fpa-a-la-agrupacion-defensa-y-conservacion-maule-mataquito/ (revisado el 21/09/2016)

empleados como balneario en temporada estival. Además se realizan descensos en balsa en el río Maule.

La unidad se caracteriza por la presencia de lagunas naturales de tipo cordillerano. Los ecosistemas acuáticos están marcados por la presencia de especies introducidas (trucha, principalmente).

Tabla 6- 46 Lagunas de la UPH 5

Cuerpo de agua	Subcuenca
Laguna La Mollera	Rio Maule Alto (Hasta antes junta Rio Melado)
Laguna Agua Caliente	Rio Maule Alto (Hasta antes junta Rio Melado)
Laguna La Invernada	Rio Maule Alto (Hasta antes junta Rio Melado)
Laguna El Maule	Rio Maule Alto (Hasta antes junta Rio Melado)
Laguna Dial	Rio Melado

Fuente: Dirección General de Aguas

6.4.6. UPH6. Cuenca Media y Baja del Río Maule

Consumo humano

Se identificaron más de 50 captaciones de agua potable en la unidad, de las cuales 41 se encuentran en operación, 1 en reserva y 9 fuera de uso. Esta UPH es, tal y como se puede ver en la tabla siguiente, la más poblada de la cuenca, con una gran población rural, pero mucho mayor es la urbana, concentrada en Talca y los núcleos de su periferia. Además también destacan los centros poblados de San Clemente, Constitución y Santa Olga.

Tabla 6- 47 Estimación de la población en función de las demandas en la UPH 6

UPH		Población			% Región del Maule
Nº	Denominación	Rural	Urbana	Total	
6	Cuenca Media y Baja del Maule	82.554	301.982	384.536	41,27
	TOTAL REGIÓN DEL MAULE	253.987	677.715	931.702	

Fuente: Elaboración propia a partir de Ayala, Cabrera y asociados Ltda. 2007.

Agricultura

La agricultura representa una de las actividades productivas principales, con casi 190 mil hectáreas y un 33,5% del territorio total. La subcuenca con mayor desarrollo agrícola es la del Río Claro, con 151 mil hectáreas.

Recreación

Dentro de la unidad se realiza pesca recreativa en Armerillo, el embalse Colbún, donde típicamente se pescan salmones y truchas. La zona cordillerana de la provincia de Talca donde se ubica la Reserva Nacional Siete Tazas.

Vida acuática

La zona cuenta con áreas silvestres protegidas, como Radal Siete Tazas y Altos de Lircay y los humedales de las Lagunas El Junquillar, en el Río Claro y el Embalse Colbún.

Tabla 6- 48 Lagunas de la UPH 6

Cuerpo de agua	Subcuenca
Lagunas El Junquillar	Rio Claro
Embalse Colbún	Maule Medio

Fuente: Dirección General de Aguas

6.4.7. UPH7. Cuenca del Río Perquilauquén

Consumo humano

Se identificó sólo una captación de agua potable para consumo humano. Aunque según la estimación de las demandas que surgen del documento "Estimaciones de demanda de agua y proyecciones futuras. Zona II. Regiones

Va XII y Región Metropolitana 2007", la población total es de 102.851 habitantes. Que se reparten según como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 6- 49 Estimación de la población en función de las demandas en la UPH 7

UPH		Población			% Región del Maule
Nº	Denominación	Rural	Urbana	Total	
7	Cuenca del Perquilauquén	29.808	73.043	102.851	11,04
	TOTAL REGIÓN DEL MAULE	253.987	677.715	931.702	

Fuente: Elaboración propia a partir de Ayala, Cabrera y asociados Ltda. 2007.

Los centros poblados más importantes donde se concentra la población son Cauquenes y Parral, en menor medida Retiro.

La superficie agrícola en la unidad alcanza las 227 mil hectáreas, con casi el 38% del territorio. Los cultivos principales corresponden a cultivos de arroz, gramíneas y hortalizas, entre otros. La demanda de agua para riego alcanza los 919 hm^3/año.

Recreación

La unidad el río Perquilauquén y otros cauces se emplean como balneario en puntos específicos, sin un mayor desarrollo al respecto. De manera similar se realiza en distintos sectores la pesca recreativa. También se realizan actividades de rafting y kayaking.

Vida acuática

La unidad se encuentra ampliamente intervenida. Actualmente en ella se encuentran los siguientes humedales:

Tabla 6- 50 Lagunas de la UPH 5	
Cuerpo de agua	**Subcuenca**
Arrozales de Parral	Perquilauquén Bajo
Embalse La Digua	Perquilauquén Alto

Fuente: Dirección General de Aguas

6.4.8. UPH8. Cuenca del Río Loncomilla

Consumo humano

Según el catastro, se identificaron 52 captaciones de agua para consumo humano, de ellas 4 son de origen superficial y el resto subterráneo. En esta UPH vive otro quinto de la población, con una distribución más urbana que rural, situada en los centros urbanos de Linares, Longaví, Yerbas buenas, Colbún y Panimávida.

Tabla 6- 51 Estimación de la población en función de las demandas en la UPH 8					
UPH		**Población**			**% Región del Maule**
Nº	**Denominación**	**Rural**	**Urbana**	**Total**	
8	Cuenca del Loncomilla	70.805	114.051	184.856	19,84
	TOTAL REGIÓN DEL MAULE	253.987	677.715	931.702	

Fuente: Elaboración propia a partir de Ayala, Cabrera y asociados Ltda. 2007.

Agricultura

El desarrollo agrícola en la cuenca es relevante, con un 36,3% de la superficie destinada a cultivos (159.159 ha).

Recreación

Se realizan actividades de rafting y kayaking en los afluentes cordilleranos de esta unidad, como los ríos Longaví y Achibueno.

Vida acuática

En la unidad no existen áreas silvestres protegidas. El único cuerpo de agua reconocido como humedal es el Embalse Bullileo.

Tabla 6- 52 Lagunas de la UPH 5	
Cuerpo de agua	**Subcuenca**
Embalse Bullileo	Río Loncomilla

Fuente: Dirección General de Aguas

6.4.9. UPH9. Cuencas costeras entre río Maule y límite de la Región

Consumo humano

En esta UPH se han identificado 28 captaciones para bebida o uso doméstico. De ellas 21 son de origen superficial y 7 de origen subterráneo. El número de habitantes es bajo, apenas un 1,5% del total de la Región. Aunque la mayor parte de la población es urbana, esta se reparte en pequeños centros urbanos de poca entidad.

Tabla 6- 53 Estimación de la población en función de las demandas en la UPH 9					
UPH		**Población**			**% Región del Maule**
Nº	**Denominación**	**Rural**	**Urbana**	**Total**	
9	Costeras entre río Maule y limite Región	3.166	10.989	14.155	1,52
	TOTAL REGIÓN DEL MAULE	253.987	677.715	931.702	

Fuente: Elaboración propia a partir de Ayala, Cabrera y asociados Ltda. 2007.

Agricultura

La superficie de la cuenca dedicada a la agricultura es relativamente baja (25.474 ha), ya que supone únicamente el 12,8% de la superficie total de la cuenca. Aun así exige una dotación de 1221 Hm^3/año.

Vida acuática

En esta UPH se localizan 3 humedales de importancia que son de diferente naturaleza: uno artificial, embalse de Tutuvén; unas ciénagas de origen pluvial esporádico, con quebradas que bajan de las alturas cercanas; y por último el humedal de Reloca, que se emplaza en el área de desembocadura del río Reloca, cubriendo una superficie de 394 hectáreas.

Tabla 6- 54 Lagunas de la UPH 9

Cuerpos de agua	Subcuenca
Río y Laguna Reloca	Rio Reloca
Ciénaga El Name	Rio Reloca
Embalse Tutuvén	Costeras entre Quebrada Honda y Rio Reloca

Fuente: Dirección General de Aguas

6.5. REVISIÓN DE LOS CAUDALES DE DILUCIÓN ESTABLECIDOS EN LOS CURSOS FLUVIALES

El D.S. 90 del 2000, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, acepta según su objetivo general que los cuerpos receptores no verán dañada su calidad ambiental con la descarga de efluentes que cumplan con los límites máximos de emisión establecidos en el mencionado decreto, ello debido a que la restricción se expresa en concentraciones máximas de contaminantes (masa de contaminante por unidad de volumen de líquido).

No obstante, se establece una excepción que permite elevar dichos límites, al tener en cuenta la capacidad de dilución de los cauces. Para ello, se define "Tasa de dilución del efluente vertido" como la razón entre el caudal disponible del cuerpo receptor y el caudal medio mensual del efluente vertido durante el mes de máxima producción de residuos líquidos, expresado en las mismas unidades. Además, se especifica que el "caudal disponible del cuerpo receptor" es la cantidad de agua disponible expresada en volumen por unidad de tiempo para determinar la capacidad de dilución de un cuerpo receptor, que será determinada por la Dirección General de Aguas.

El procedimiento para determinar el caudal disponible para la dilución se recoge en la Minuta Técnica: "Criterios para la determinación de caudales disponibles para la dilución en cuerpos receptores superficiales" S.D.T. Nº 191 de 2004. Dicho procedimiento diferencia distintos tipos de zonas:

- Zonas con caudal ecológicos establecido
- Zonas sin caudal ecológico establecido
    - Cuencas agotadas
    - Cuencas no agotadas
        - Con control fluviométrico
        - Sin control fluviométrico

- Cauces artificiales
- Cuerpos fluviales afluentes a un cuerpo lacustre
- Zonas fluviales afectas a influencias del mar

En el caso de las zonas con caudal ecológico establecido, el caudal disponible para dilución en tramos específicos de cada curso de agua obedece a un cálculo que escapa a los alcances de este proyecto. Sin embargo, para efectos de análisis, se determinó el caudal ecológico como un porcentaje del caudal medio anual, ambos expresados en masas de agua (hm3/año).

En la cuenca del Maule se han establecido los recursos hídricos (RRHH) superficiales por cada Unidad de Planificación Hídrica, en consecuencia es fácil determinar cuál es el caudal ecológico que se debe asignar (20% de los recursos hídricos medios). Por otra parte, también están calculados los derechos de aprovechamiento de aguas (DAA) otorgados superficiales consuntivos (no se han contemplado los no consuntivos porque no inciden en el balance), en consecuencia el balance hidrológico en los puntos de cierre de las UPH es el siguiente:

Tabla 6- 55 Caudal ecológico estimado por UPH (hm³/año)

Unidad de Planificación Hídrica	Caudal Medio	Caudal ecológico	Q de dilución
	(hm3/año)	(20% QM)	(70 % Qeco)

UPH-1	102,8	20,6	14,4
UPH-2	3.902,7	780,5	546,4
UPH-3	655,0	131,0	91,7
UPH-4	196,6	39,3	27,5
UPH-5	7.411,8	1.482,4	1.037,7
UPH-6	3.228,3	645,7	452,0
UPH-7	1.414,9	283,0	198,1
UPH-8	3.939,2	787,8	551,5
UPH-9	244,8	49,0	34,3
TOTAL REGIÓN	**21.096,10**	**4.219,2**	**2.953,5**

Fuente: Elaboración propia

Es decir, las UPH que presentan una mayor capacidad de dilución son la UPH 5, 8 y 2, al mismo tiempo que la mayor presión por descarga de residuos líquidos son la UPH 2 y UPH 6. Sin embargo, no existe una normativa de referencia que permita establecer el límite, por ejemplo, de materia orgánica que cada UPH es capaz de recibir en un período determinado.

Para el caso de las zonas sin caudal ecológico establecido, el análisis final es similar. No obstante se compruebe la presencia de un caudal de dilución, por mínimo que sea, no existen normas de referencia para establecer la concentración máxima para los aportes de los vertidos.

Para el caso de las descargas a cauces artificiales, no existe ninguna regulación.

1. La Dirección General de Aguas no tiene jurisdicción sobre éstos.
2. La distribución y uso de esta agua es de particulares.
3. Estos cauces poseen un flujo discontinuo a lo largo del año, lo cual responde netamente a las necesidades de los usuarios.
4. No es posible establecer caudales disponibles para dilución en estos cauces.

6.6. ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LOS ACUÍFEROS

La vulnerabilidad de los acuíferos frente a la contaminación, expresa el grado de sensibilidad de las aguas subterráneas a una alteración de su calidad natural originada por actividades de carácter antrópico.

Dicha vulnerabilidad, es función de una serie de características intrínsecas del acuífero, referidas a la zona no saturada – la porción de acuífero situada sobre la superficie piezométrica–, así como también debida a la conjunción de otros factores externos al acuífero, como son la climatología (temperatura, precipitación) y los relativos al propio contaminante (su naturaleza, movilidad, persistencia en el tiempo y su forma de penetración a través de la zona no saturada del acuífero).

Entre los factores intrínsecos al medio que influyen en el grado de vulnerabilidad de los acuíferos, cabe citar:

- La litología del acuífero y en especial de la zona no saturada del mismo.
- El espesor de la zona no saturada (profundidad hasta el nivel piezométrico).
- El estado hidrodinámico del acuífero (libre o confinado).
- La conductividad hidráulica (permeabilidad) del acuífero.
- El tipo de permeabilidad (por porosidad intergranular o por fisuración y karstificación) y grado (alto, medio, bajo) que ésta presenta.
- El tipo de suelo que recubre a la formación acuífera (naturaleza, grado de desarrollo, heterogeneidad y continuidad lateral)
- La vegetación que recubre al suelo.
- La pendiente topográfica de la superficie del terreno.
- La recarga (infiltración eficaz) que se origina a partir de la precipitación recogida sobre la superficie del terreno.
- El tiempo de tránsito del contaminante a través de la zona no saturada.
- La capacidad de autodepuración que presenta la zona no saturada, en función de su litología y espesor.

La evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas se puede realizar mediante: **métodos cuantitativos**, cuando la disponibilidad de los datos relativos a los factores intrínsecos al medio, citados, es bastante completa, para lo cual hay diferentes autores que han desarrollados métodos de cálculo adecuados para ello; o mediante **métodos cualitativos**, cuando la disponibilidad de estos datos es menor. Los métodos cualitativos en general, establecen tres categorías de vulnerabilidad –alta, media y baja–, que se determinan según criterios de permeabilidad, espesor y capacidad de autodepuración de la zona no saturada, fracturación, profundidad del nivel freático y otros datos que, en función de la problemática, se consideren de interés.

En el caso de los 16 acuíferos identificados y caracterizados en la Región del Maule, como buena parte de los factores intrínsecos al medio no están definidos, la determinación de la vulnerabilidad de estos frente a la contaminación, se ha estimado mediante el método cualitativo. En la tabla adjunta se indica el **grado de vulnerabilidad cualitativa** de los distintos acuíferos, teniendo en cuenta los parámetros hidrogeológicos que presentan los mismos y la interpretación hidrogeológica que se ha realizado de ellos, en base a experiencias de otros estudios de vulnerabilidad realizados en otras regiones con litológicas similares.

Tabla 6- 56 Vulnerabilidad estimada de los acuíferos de la Región del Maule

UPH	Acuíferos identificados				Parámetros hidrogeológicos							Grado de vulnerabilidad cualitativa
	Cod.	Nombre	Superficie (km^2)	Litología	Prof. NP (m)	Potencia media zona no saturada (m)	Coefici. Almace. S	Tipo Acuífero	Permeabilidad			
									K (m/día)	Grado	Causa	
1	**A1**	**Jurásico y Triásico costera norte**	75,48	Calizas, areniscas y conglomerados	–	–	$.10^{-2}$	libre	1 a 100	Media a Alta	fisuración y karstificación	Alto a Medio, dependiendo de la profundidad al NP
2	**A2**	**Cretácicos y jurásicos cuenca alta del río Teno**	389,67	Calizas, areniscas, conglomerados, luitas calcáreas	–	–	$.10^{-2}$	libre	0,01 a 100	Baja a Alta	fisuración y karstificación	Alto a Medio dependiendo de la profundidad al NP
	A3	**Aluvial de los ríos Teno y Lontué**	684,94	Arenas, gravas, arcillas y limos	0 a 50	25	0,15 a 0,25	libre	<9,5 a >97,6	Media a Muy Alta	porosidad intergranular	Alto a Medio, dependiendo de los sectores
	A4	**Formación volcánica sector norte de Depresión Intermedia**	244,17	Depósitos de avalancha volcánica	10 a 70	40	0,15 a 0,25	libre	<9,5 a >97,6	Media a Muy Alta	alteración, fisuración y fracturación	Alto a Bajo , dependiendo de los sectores
3	**A5**	**Aluvial del bajo Mataquito**	225,32	Depósitos fluviales de arenas, gravas, bolos y arcillas	5 a 30	17	0,15	libre	0,08 a 138,2	Baja a muy Alta	porosidad intergranular	Alto a Medio, dependiendo de los sectores

Tabla 6- 56 Vulnerabilidad estimada de los acuíferos de la Región del Maule

UPH	Acuíferos identificados				Parámetros hidrogeológicos							Grado de vulnerabilidad cualitativa
	Cod.	Nombre	Superficie (km^2)	Litología	Prof. NP (m)	Potencia media zona no saturada (m)	Coefici. Almace. S	Tipo Acuífero	Permeabilidad			
									K (m/día)	Grado	Causa	
	A6	**Jurásico y Triásico bajo Mataquito**	300,86	Calizas, areniscas y conglomerados	–	–	$.10^{-2}$	libre	0,01 a 100	Baja a Alta	fisuración y karstificación	Alto a Medio, dependiendo de la profundidad al NP
4	**A7**	**Detrítico franja costera central**	141,71	Arenas, gravas, arcillas y depósitos eólicos	0,30 a 1	0,50	$.10^{-2}$	libre	1 a 100	Media a Alta	porosidad intergranular	Alto
5	**A8**	**Aluvial del Alto Maule**	78,59	Arenas, gravas, arcillas y limos	1 a 3	2	$.10^{-2}$	libre	1 a 100	Baja a Alta	porosidad intergranular	Alto
6	**A9**	**Formación volcánica sector central Depresión Intermedia**	1.444,36	Depósitos piroclásticos asociados a calderas de colapso	3 a 10	6	10^{-2} a 10^{-4}	libre y confinado en algún sector	3,9 a 146	Media a muy Alta	alteración, fisuración y fracturación	Alto a muy Bajo, en los sectores en los que el acuífero está confinado
	A10	**Aluvial-coluvial sector central Depresión Intermedia**	**353,19**	Arenas, gravas, arcillas y limos	3 a 9	6	$.10^{-2}$	libre	5,4 a 170	Media a muy Alta	porosidad intergranular	Alto

Tabla 6- 56 Vulnerabilidad estimada de los acuíferos de la Región del Maule

UPH	Acuíferos identificados				Parámetros hidrogeológicos							Grado de vulnerabilidad cualitativa
	Cod.	Nombre	Superficie (km^2)	Litología	Prof. NP (m)	Potencia media zona no saturada (m)	Coefici. Almace. S	Tipo Acuífero	Permeabilidad			
									K (m/día)	Grado	Causa	
	A11	**Aluvial del Bajo Maule**	**239,79**	Depósitos fluviales de arenas, gravas, bolos y arcillas	2 a 7	5	$.10^{-2}$	libre	5,4 a 200	Media a muy Alta	porosidad intergranular	Alto
7	**A13**	**Formación volcánica sector sur Depresión Intermedia**	**1.874,91**	Depósitos piroclásticos asociados a calderas de colapso	0,04 a 1,58	1	10^{-2} a 10^{-4}	libre y confinado en algún sector	10,3 a 19,8	Media a Alta	alteración, fisuración y fracturación	Alto a muy Bajo, en los sectores en los que el acuífero está confinado
	A14	**Aluvial-coluvial extremo meridional Depresión Intermedia**	**1.370,97**	Arenas, gravas, arcillas y limos	0,02 a 2,14	1	10^{-2} a 10^{-4}	libre, en algún sector confinado	0,51 a 14,6	Media a Alta	porosidad intergranular	Alto
8	**A12**	**Aluvial-coluvial sector sur Depresión Intermedia**	**2.066,75**	Arenas, gravas, arcillas y limos	0,07 a 6,23	3	$.10^{-2}$	libre	2,8 a 17,3	Media a Alta	porosidad intergranular	Alto
9	**A15**	**Cretácico costera sur**	**238,45**	Areniscas, conglomerados, lutitas, calizas y sucesiones turbiditícas	_	_	$.10^{-2}$	libre	1 a 100	Baja a Alta	fisuración y karstificación	Alto a Medio, dependiendo de la profundidad al NP

Tabla 6- 56 Vulnerabilidad estimada de los acuíferos de la Región del Maule

UPH	Acuíferos identificados				Parámetros hidrogeológicos							Grado de vulnerabilidad cualitativa
	Cod.	Nombre	Superficie (km^2)	Litología	Prof. NP (m)	Potencia media zona no saturada (m)	Coefici. Almace. S	Tipo Acuífero	Permeabilidad			
									K (m/día)	Grado	Causa	
	A16	**Detrítico franja costera sur**	**165,35**	Arenas, gravas, arcillas y depósitos litorales (arenas y gravas)	0,30 a 1	0,50	$.10^{-2}$	libre	10 a 100	Media a Alta	porosidad intergranular	Alto

Fuente: Elaboración propia

Como conclusión de los resultados expuestos en la tabla se puede resumir:

- Los acuíferos con mayor riesgo de contaminación son los constituidos por rocas carbonatadas, en los que su permeabilidad (conductividad hidráulica), se debe a fenómenos de fisuración y karstificación que a veces afecta a las rocas, lo que origina que la velocidad de propagación de una hipotética contaminación sea elevada. El riesgo será mayor cuanto menor sea la profundidad hasta el nivel del agua (NP) en el acuífero.

- También experimentan un alto riesgo de contaminación los acuíferos detríticos, aluviales, que presentan una permeabilidad por porosidad intergranular, cuando la presencia del NP se halla próxima a la superficie del terreno y la permeabilidad de los materiales que lo componen sea mayor (predominio de arenas y gravas frente a las arcillas y limos). En estos acuíferos detríticos dada que su extensión superficial es grande y su heterogeneidad litológica también, la vulnerabilidad frente a la contaminación va a variar de unos sectores a otros en el conjunto del acuífero: será mayor cuanto menor sea la profundidad al nivel freático y la presencia de materiales detríticos más groseros predomine en la formación –la ausencia de arcillas disminuye la capacidad de autodepuración de la zona no saturada del acuífero– y menor, en los sectores del mismo en los que el NP se encuentre más profundo y la presencia de materiales arcillosos, en la vertical del punto por donde progrese la contaminación, sea mayor.

- Las formaciones acuíferas de la Región del Maule que presentan, en general, un menor grado de vulnerabilidad frente a una hipotética contaminación, son las constituidas por los depósitos piroclásticos volcánicos asociados a calderas de colapso. En estas formaciones volcánicas, también se puede dar una cierta heterogeneidad en la distribución de su vulnerabilidad: esta será mayor, en los casos en los que el NP se halle más próximo a la superficie del terreno, y tanto menor

cuanto más profundo se encuentre el mismo. Incluso, en los sectores en los que en el conjunto del acuífero se presenta un cierto confinamiento –el coeficiente de almacenamiento determinado en ellos es del orden de 10-4, el grado de vulnerabilidad frente a la contaminación es muy bajo.

6.7. SITUACIÓN FUTURA DE FUENTES Y USOS DEL AGUA

Según se establece en el estudio "Determinación del Impacto del Cambio Climático en el potencial esperado de generación hidroeléctrica en la cuenca del río Maule" (MINISTERIO DE ENERGÍA, 2015), se estima que para la parte alta de la cuenca del río Maule se registrará un descenso de la acumulación de nieve, la que se manifestaría con mayor fuerza a partir del año 2040. Dependiendo de la cuenca y los escenarios de modelación, la reducción de caudales medios va de un 5% a más de un 20% en algunos tramos. Esta disminución se debe principalmente al menor aporte de los deshielos, por lo que se espera un aporte casi nulo en la temporada estival. Actualmente la capacidad de regulación artificial de la región es mínima y está asociada principalmente a la generación hidroeléctrica.

En complemento, tal y como se menciona en el estudio del Plan Director de la Región del Maule (DGA, 2008), la superficie agrícola potencialmente regable supera las 680.000 ha, duplicando la superficie actual. Sin embargo, este uso del agua representa más del 95% del consumo total del recurso, por lo que un aumento en su demanda resulta en un aumento igualmente proporcional en el consumo total. En complemento, un aumento de la producción agrícola regional resultaría en un mayor desarrollo agroindustrial por sobre otras fuentes, lo que se relaciona directamente con las descargas de residuos industriales líquidos a cauces naturales y artificiales.

En consecuencia se espera una disminución de los caudales superficiales, sobre todo en época estival (de riego), lo que podría afectar el desarrollo

agrícola. No obstante, si se desarrollan capacidades de regulación y se provee del recurso necesario para aumentar la superficie agrícola regada, existirá una limitante para la dilución de los residuos líquidos aportados en mayor medida en las UPH 2 y 6, lo que afectará la disponibilidad de agua de calidad para uso agrícola y otros usos, como consumo humano.

En resumen, se espera que la disminución de los caudales pasantes, principalmente en temporada estival, resulten en un deterioro significativo de la capacidad de dilución de los cursos de agua receptores, disminuyendo así la calidad de las aguas de la región.

6.8. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Tras el análisis sistemático de todos los antecedentes se ha observado una serie de conflictos relacionados con la calidad de las aguas. Además, se han detectado una serie de presiones significativas y se ha valorado la bondad de la información sobre el estado de los cauces y aguas subterráneas. Toda esta información se presenta a continuación para cada una de las UPH.

6.8.1. Análisis de la información por UPH

En la **UPH 1** el principal conflicto identificado respecto de la calidad de aguas en la cuenca, se registra respecto de los procesos de eutroficación de los dos cuerpos de agua principales: Lago Vichuquén y Laguna Torca.

Existen dos hipótesis asociadas a estos procesos. Por un lado, se señala que descargas ilegales de aguas servidas en el estero Llico estarían provocando este aumento de carga orgánica, y por el otro, se asocia con la influencia de agua de mar en episodios de marea alta.

Por otra parte, la información disponible en esta cuenca es escasa, ya que no existen series de datos que permitan establecer una correlación de los procesos de cambio en el estado trófico de los cuerpos de agua con niveles de cada laguna, o bien con los aportes que se reciben desde sus tributarios, sin mencionar la complejidad adicional que deriva de la relación con el agua de mar, tanto por procesos de intrusión salina como por aporte directo de agua de mar en forma superficial.

Sin embargo, esta deficiencia en la información de base está siendo corregida, por un lado con la incorporación del Lago Vichuquén y Laguna Torca la Red de control de lagos de la DGA, y por el otro, mediante la instalación de la boya para seguimiento automático en 2016. Por lo tanto, se espera que mejoren la disponibilidad de información primaria y secundaria en un futuro cercano.

En la **UPH 2**, los principales conflictos identificados respecto de la calidad de las aguas corresponden a contaminación producto de vertidos de residuos líquidos industrial, o bien contaminación de tipo domiciliaria.

En la subcuenca del Río Teno, la Asociación de canalistas ha denunciado reiteradamente la descarga de residuos líquidos en forma no controlada al río Teno por parte de industrias Vínicas, la que obtuvo una Resolución de Calificación Ambiental (RCA) favorable en febrero de 2015 para su proyecto “Optimización plantas Vínicas - Teno”, que tenía el propósito de resolver este conflicto.

Otro conflicto potencial corresponde al denunciado por el Diputado Roberto León (DC), luego que manifestara ante la Comisión de Medioambiente de la Cámara Baja, la presunta contaminación del suelo

que se estaría llevando a cabo al interior de la Planta de Paneles que instaló Arauco, en la comuna de Teno[6].

En la subcuenca de Lontué vecinos del Canal La Cañada presentaron denuncias por malos olores en este canal, ya que personas tiran desechos en su interior[7].

Se estima que existe información suficiente a nivel de calidad de aguas superficiales para realizar el seguimiento de las condiciones de base de esta cuenca, es decir, asociadas a cambios de tipo geológico. Sin embargo, la Red de calidad de aguas de la DGA tiene deficiencias al considerar parámetros orgánicos, como contaminación por coliformes totales, los que estarían asociados a las descargas que se producirían en los cauces naturales y canales de riego.

En complemento la red de calidad de aguas subterráneas es deficiente, ya que no se cuenta con pozos de seguimiento y no hay series de datos asociadas. La única fuente identificada corresponde a un estudio puntual. Por lo tanto, se recomienda incorporar a lo menos una estación de seguimiento de aguas subterráneas en esta unidad.

En la **UPH 3**, el principal conflicto ambiental de la cuenca corresponde a la planta de celulosa LICANCEL de Forestal Arauco, que se encuentra en el río Mataquito. En el año 2007 por ejemplo, se produjo un derrame de 70 mil metros cúbicos de residuos industriales líquidos no tratados, que resultó en alta mortandad de peces y en una demanda del Consejo de

[6] En http://www.vivimoslanoticia.cl/Curicó/teno/diputado-leon-denuncia-grave-contaminacion-ambiental-de-paneles-arauco-en-teno/ (revisado el 29 de agosto de 2016).
[7] En http://www.puntolontue.com/2014/08/vecinos-realizaron-denuncia-por.html (revisado el 29 de agosto de 2016).

Defensa del Estado contra la empresa, la que debió pagar una multa de 600 millones de pesos[8,9].

Teniendo en cuenta que esta UPH la controla la DGA con una única estación que recibe las aguas de la UPH 2, donde se concentra una parte importante de la actividad industrial de la cuenca y centros poblados de importancia, la selección de los parámetros analizados parece insuficiente para detectar las presiones más importantes. Se echa de menos el control más exhaustivo de parámetros sensibles a la contaminación orgánica, tales como DBO5, amonio, nitritos, fosfatos, etc. aunque otros parámetros como la DQO y el fósforo total ya nos están indicando que existen problemas.

En la **UPH 4** no se identificaron conflictos por presiones antrópicas, pero sí se identificó el interés por lograr un estatus de protección para el complejo de humedales Mataquito-Maule, específicamente Putú – Cuchi – Huenchullamí.

Se debe resaltar la baja cobertura de saneamiento de la localidad más importante: Gualleco. Por otra parte, también son significativas las minas a rajo abierto que se sitúan en la cuenca, que deben tener un control exhaustivo, especialmente la de hematita – magnetita cuyo potencial contaminante es muy elevado.

No existe información sobre la calidad de las aguas en los cursos fluviales, lo que sería deseable. Si bien se considera que las actividades de la UPH no son las más problemáticas de la Región del Maule. Tampoco se localiza en esta UPH ninguna estación de control de la calidad de las aguas subterráneas, sería interesante tener un registro continuo de sus variaciones.

[8] http://www.lanacion.cl/noticias/site/artic/20100131/pags/20100131212345.html (revisado el 21/09/2016)
[9] http://www.emol.com/noticias/nacional/2007/06/09/258712/planta-licancel-de-celulosa-arauco-no-podra-funcionar-por-30-dias.html (revisado el 21/09/2016)

En la **UPH 5** no se identificaron conflictos que impliquen la calidad de las aguas y sean de importancia, además la cuenca está muy poco poblada y la actividad principal que en ella se produce es de bajo riesgo para la calidad, la generación de energía hidroeléctrica. Aun así se detecta una sensibilidad social que se ha manifestado en denuncias por contaminación durante el proceso de construcción de la Central Hidroeléctrica Los Cóndores de Endesa en el nacimiento del río Maule. El seguimiento que se hace del río no parece reflejar esta afección.

Tampoco se ha identificado una actividad minera relevante.

Existe una única estación de seguimiento de la calidad en la cuenca, que en estos momentos debido a la baja intensidad de las presiones, puede ser suficiente para caracterizar la calidad de la misma. No existen estaciones que controlen la calidad de las aguas subterráneas. Sería conveniente tener alguna en el acuífero aluvial A8, aunque presumiblemente no vaya a tener problemas.

En la **UPH 6** el principal conflicto corresponde a la gestión de los recursos hídricos entre privados, además de la regulación entre empresas generadoras y productores agrícolas.

Respecto a procesos de contaminación, se señala la acumulación de basuras de origen domiciliario en el Río Claro.

En complemento, en el estudio denominado “Diseño de un Sistema de Gestión Integral para la Calidad de Aguas en la Cuenca del Río Maule”, se concluyó que los resultaron arrojados por el estudio señalan que las aguas del Río Maule "son puras", sin embargo, la mayor preocupación está en los canales que son los que finalmente riegan las tierras aledañas. Según el estudio "la principal contaminación es por los coliformes fecales, dada la fuerte actividad ganadera que también hay en estos sectores, seguido de descargas humanas y residuos químicos".

A pesar de los importantes caudales que corren por los cauces y que proporcionan una dilución a los ríos de la UPH, hay que tener en cuenta que es en esta Unidad donde se concentra la mayor parte de la población

e industria de la cuenca, mayoritariamente de productos agrícolas manufacturados y papel. Esta contaminación no se detecta con los sistemas actuales, habría que valorar si el sistema de medida es correcto y consecuentemente la dilución es grande o deficiente, por lo que habría que mejorar el número y parámetros de las estaciones de seguimiento.

Falta por lo menos una estación en el río Maule antes de la confluencia con el Claro, que refleje la afección de la UPH 8 en especial de San Javier, población más cercana. No se detecta la afección de Talca y su conurbación con las estaciones de Río Claro en Rauquén, Río Claro en Talca y del Río Lircay en Panamericana, posiblemente no se controlen los parámetros más sensibles a este tipo de contaminación, en especial los nutrientes e indicadores de contaminación orgánica, como la DBO5 o COT. Sólo existe una estación de la DGA para el control de la calidad de las aguas subterráneas, aunque actualmente no se conoce que exista afección sobre las mismas, dada la importante actividad humana en la cuenca sería conveniente localizar al menos otra más.

La **UPH 7** es otra de las unidades de planificación situada entre las cordilleras, zona donde se produce la mayor parte de la actividad humana, tanto el poblamiento como la industria y la agricultura. Esta UPH tiene más del 10% de los habitantes de la Región del Maule, actividad agrícola destacada (31% de la superficie de la Región) y una parte significativa de la agroindustria.

En esta Unidad se deben destacar como conflictos las denuncias por vertidos de residuos líquidos industriales (ejemplo: plantel de cerdos de COEXCA[10])

Al igual que en el resto de unidades se debería realizar una analítica más completa en las estaciones que actualmente existen, ya que hay una clara deficiencia de parámetros que valoren la contaminación orgánica y los

[10] http://resumen.cl/2016/08/vecinos-chancheria-coexca-realizan-caravana-informativa-hacia-sauzal/

nutrientes. Esos parámetros se relacionan directamente con la contaminación característica de la zona. La superficie de la UPH y la distribución de las aguas subterráneas indican que una única estación para el control de las mismas es insuficiente.

A pesar de que en la **UPH 8** es donde más personas habitan y que allí se encuentra un quinto de la tierra cultivada de la Región del Maule, además de tener industria agroalimentaria (arrocera), no se han identificado conflictos ambientales asociados a la calidad de las aguas. Aunque éstos no hayan aparecido, no hay que restar importancia a las presiones significativas existentes en la cuenca (aguas servidas, industria agroalimentaria y el uso agrícola). Siempre hay que significar que la problemática no se ha puesto de manifiesto en los análisis que se han realizado en las estaciones de la DGA.

La localización de las estaciones hidrométricas superficiales existentes parece ser adecuada, no así la información que de ellas se obtiene, que al igual que en el resto de UPH es deficiente en analítica.

En relación con las aguas subterráneas no hay ninguna estación, se debería contar con al menos una estación representativa de la parte alta de la cuenca y otra que pudiera reflejar, si existe, la afección de los usos actuales sobre las aguas subterráneas.

En la **UPH 9** hay pocos habitantes que se localizan en pequeños centros poblados junto a la costa. No existe buena cobertura de saneamiento ya que no alcanza ni el 80% de los habitantes. La superficie agrícola es baja con respecto a la totalidad de la Región del Maule, apenas un 3%, pero tiene gran relevancia el uso forestal que acumula el 25% de este uso, lo cual supone más de la mitad de la superficie de la UPH.

No existe ninguna estación para el estudio de la calidad del agua superficial, aunque hay que resaltar que el río Reloca tiene una cierta entidad, desde su nacimiento en la Laguna El Ciénago. En relación con las aguas subterráneas hay una única estación que las controla. En

consecuencia en esta UPH hay un déficit de estaciones de control de la calidad del agua.

6.8.2. Conclusiones

La principal conclusión del estudio de la calidad del agua es que falta información adecuada para poder ofrecer conclusiones categóricas. Tanto desde el punto de las estaciones necesarias para hacer el diagnóstico, como los parámetros que en ellas se analizan. Este segundo punto es la falencia más acusada, ya que se echa de menos muchos más datos sobre indicadores de contaminaciones orgánicas y nutrientes.

Por otra parte, fundamentado en el análisis de las amenazas existentes, se han identificado las presiones más importantes sobre la calidad de las aguas:

- Las descargas de la industria agroalimentaria y papelera que son la problemática más denunciada por las comunidades. Estos riles tienen una fuerte componente orgánica, de nutrientes e incluso bacteriológica.
- Las descargas de aguas servidas que en muchos casos no tienen una cobertura suficiente de saneamiento. Al igual que la industria agroalimentaria, se caracterizan por su componente orgánica, de nutrientes y bacteriológica.
- Los retornos de cultivos y en especial los de regadío que aportan nutrientes y pesticidas.
- También hay que considerar las fuentes geológicas como un probable origen de concentraciones elevadas de determinados compuestos y en especial de algunos metales.
- Si bien en algún punto de la cuenca hay que mencionar residuos mineros, no se puede considerar esta afección como característica de la Región del Maule.

Respecto del análisis de los caudales de dilución, sólo es posible estimar los volúmenes totales promedio (o bajo distintas probabilidades de excedencia) en cada UPH, sin embargo, ante la falta de una normativa secundaria en los cauces de la región, no es posible establecer la descarga máxima que es capaz de soportar cada sistema.

Se realizó el análisis de la vulnerabilidad de los acuíferos y se estableció que los acuíferos con mayor riesgo de contaminación son los constituidos por rocas carbonatadas, en los que su permeabilidad (conductividad hidráulica), se debe a los fenómenos de fisuración y karstificación. Le siguen los acuíferos detríticos, aluviales, que presentan una permeabilidad por porosidad intergranular, cuando la presencia del NP se halla próxima a la superficie del terreno y la permeabilidad de los materiales que lo componen sea mayor (predominio de arenas y gravas frente a las arcillas y limos). Las formaciones acuíferas de la Región del Maule que presentan, en general, un menor grado de vulnerabilidad frente a una hipotética contaminación, son las constituidas por los depósitos piroclásticos volcánicos asociados a calderas de colapso.

Finalmente, a futuro se espera una disminución de los caudales medios, por una menor acumulación de nieve y los caudales de deshielo asociados. Esto incidirá en una menor capacidad de dilución de la cuenca, en un escenario potencial de aumento de la actividad agrícola y un aumento proporcional de las descargas a cauces naturales, principalmente de agroindustrias. Por lo tanto, es de esperar un deterioro en la disponibilidad y en la calidad de las aguas en la región.

7. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL

7.1. INTRODUCCIÓN

7.1.1. Especificaciones de las bases técnicas

El objetivo del diagnóstico es el estudio previo al diseño del Plan Regional. Consiste en el ordenamiento, interpretación y análisis de la información levantada, para con ello obtener conclusiones respecto a la situación actual de los recursos hídricos de la Región. El presente capítulo se refiere al diagnóstico de la situación ambiental en la región.

Es un diagnóstico donde se determinan las situaciones de conflicto, se analizan los instrumentos de gestión y protección del recurso. Se considerarán, entre otros, los siguientes aspectos:

- Problemas existentes (pasivos ambientales, situaciones de emergencia, conflictos existentes o relevantes, etc.)
- Identificación de presiones antrópicas y naturales sobre los recursos hídricos.
- Análisis de impactos y consecuencias.
- Áreas de protección o conservación existentes. Áreas propuestas para conservación.
- Compromisos establecidos por los titulares de proyectos y su cumplimiento en el marco de Resoluciones de Calificación Ambiental de DIAs y/o EIAs.
- Estimación del caudal ecológico.

7.1.2. Estructura del capítulo

La estructura de este capítulo es la siguiente:

- Análisis de la situación ambiental

Se describe, en términos generales, la metodología empleada para el diagnóstico y se presentan las instituciones públicas y la documentación consultada para su elaboración.

- Biodiversidad en la región del Maule

En este capítulo se presentan, conceptualmente, los activos ambientales del territorio. Se describe la biodiversidad regional a nivel de vegetación y fauna, y se presentan las áreas de protección o conservación existentes, identificando:

- Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE)
- Áreas Silvestres Protegidas Privadas
- Santuarios de la Naturaleza
- Sitios Prioritarios en la estrategia regional de biodiversidad

- Impactos sobre el medioambiente

En este apartado se muestran las presiones e impactos que se ejercen sobre el ambiente regional. En particular se resumen, aunque ya han sido mencionadas en otros capítulos, las actividades agrícolas, de generación de energía, consumo humano y saneamiento, industria y minería y recreación.

- Gestión Ambiental

En este capítulo se presentan los proyectos sometidos a diagnostico dentro del sistema de evaluación de impacto ambiental SEIA, clasificados por tipologías y unidades de planificación hídrica. En complemento se presentan los resultados de la fiscalización ambiental realizada a la fecha. Se incluye un resumen de las medidas ambientales y seguimientos comprometidos en los 28 estudios de impacto ambiental aprobados en la región.

- Caudal Ecológico y Ambiental

Se presentan los caudales ecológicos otorgados a la fecha, se compara con la determinación del caudal ecológico como el 20% del caudal medio anual, y se indican los caudales ambientales que corresponden a los recursos mínimos a ser asegurados por cada proyecto en los cauces naturales.

7.2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL

El análisis de la situación medio ambiental de la zona de estudio permite incorporar elementos de criterio cuantitativo y cualitativo a los objetivos perseguidos por el Plan Maestro de los Recursos Hídricos de la Región del Maule.

Dado que el ambiente, como concepto general, está constituido por la integración del medio natural y el medio cultural, el apartado sobre análisis de la situación ambiental persigue abordar integralmente las características para cada unidad territorial en las cuales se ha divido la zona de estudio.

En el presente apartado se hace revisión de elementos concernientes a identificar los pasivos ambientales, Presiones antrópicas y naturales sobre recursos hídricos, Análisis de impactos y consecuencia en los recursos naturales de la región del Maule, Caracterización de las áreas de protección y/o conservación existentes, Revisión de compromisos establecidos en calificaciones ambientales de DIAs y EIAs, y Estimación de Caudal Ecológico. Además se entregan las Conclusiones sobre los antecedentes y análisis revisados.

7.2.1.1. Metodología

En este apartado se entregan los resultados del diagnóstico ambiental que se desarrolló en el marco del Plan Maestro de Recursos Hídricos de la Región del Maule.

El diagnóstico incluye la identificación y caracterización de las siguientes temáticas que se vinculan con los recursos hídricos a saber: Pasivos medio ambientales; identificación de presiones antrópicas y naturales sobre los recursos hídricos; Análisis de impactos y consecuencias; Áreas de protección y conservación existentes; Compromisos establecidos por los titulares de

proyectos y su cumplimiento en el marco de resoluciones de calificación ambiental; Caudal ecológico; y conclusiones sobre este capítulo.

En lo que respecta a los pasivos ambientales el estudio ha considerado el análisis de aquellos más relevantes de la región y que tienen relación como resultados de las principales actividades productivas de la Región del Maule. Las presiones antrópicas y naturales sobre los recursos naturales de la zona de estudio se determinan de acuerdo con la caracterización social, física, económica y política, donde el análisis plantea los impactos como resultado de la presión sobre los recursos, pero siempre considerando la susceptibilidad del medio y de los objetivos medioambientales que se tenga para los recursos. En el caso de identificar los impactos y consecuencias, se procede a realizar revisión de los procesos sancionatorios que ha formulado la autoridad ambiental a proyectos que han ingresado al Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), a través de Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA) o Estudios de Impacto Ambiental (EIA) en el portal www.e-seia.cl. Para las áreas de protección o conservación en la región de estudio, se revisan todas las figuras de protección reconocidas por la normativa nacional.

La revisión y análisis de los compromisos de los titulares de proyectos DIAs y/o EIAs se realizó luego de un completo estudio en el portal www.e-seia.cl, levantando las iniciativas aprobadas sobre las cuales se definen los compromisos ambientales realizados y cuáles de estos tienen injerencia sobre los recursos hídricos, dando cuenta de los PSAS Y PATS asociados. Se evalúa el nivel de cumplimiento y efectiva para la protección de los recursos hídricos.

Finalmente, teniendo en cuenta la importancia de asegurar una cantidad de agua adecuada para los requerimientos medioambientales, se realizó un análisis de los **caudales ecológicos**, reconociendo que en la Región del Maule existen ecosistemas, que de acuerdo a la Estrategia de Biodiversidad de la Región, son recomendados para su preservación y con la necesidad de que en la gestión de los recursos hídricos se incluya esta dimensión, de tal

modo que se resguarde la disponibilidad de los recursos hídricos en los cauces donde se emplazan estos ecosistemas. Esto es pertinente cuando en la región no existen estudios que respalden las demandas hídricas para asegurar la preservación o conservación de estos ecosistemas.

Las actividades que se realizan para este análisis técnico son las siguientes:

- Consultas a instituciones
- Revisión de información documental actualizada
- Análisis técnico de la situación ambiental
- Elaboración de mapa temático del diagnóstico ambiental. Se hace entrega de planos de síntesis del Diagnóstico Ambiental.
- Análisis de caudales en los sitios identificados.

7.2.1.2. Instituciones y Documentación Consultada

Para el desarrollo del presente informe técnico se realizó consultas a instituciones con injerencia en materia ambiental, a lo que se sumó la revisión de antecedentes documentales que respaldan la información entregada en este informe.

Las instituciones que han sido consultadas son las siguientes, estas preferentemente con información disponible en sus portales web:

- Ministerio del Medio Ambiente (MMA)
- Servicio de Evaluación Ambiental (SEA)
- Corporación Nacional Forestal (CONAF)
- Dirección General de Aguas (DGA)

Por su parte los estudios que fueron revisados son los que se listan en los Anexos de este capítulo (Anexo 7-1).

7.3. BIODIVERSIDAD EN LA REGIÓN

7.3.1. Biodiversidad

La Región del Maule presenta una de las mayores diversidades biológicas de Chile debido, fundamentalmente, a su ubicación en una zona de transición entre la zona mediterránea y la zona templada. Además, entre la Costa y la Cordillera Andina se produce una gradiente altitudinal que favorece la diversidad de especies.

7.3.1.1. Vegetación

Por las particularidades propias de la región y del país en general, la flora y fauna terrestre presentan diferencias al evaluar la presencia desde el este al oeste del territorio. Hacia la Cordillera de la Costa domina la estepa de *Acacia caven* o espino y abundante matorral esclerófilo (Quillay, Litre, Boldo y Peumo) en los sectores de mayor humedad. Por su parte, en los sectores de la precordillera de los Andes se desarrolla el Bosque Esclerófilo (Maitén, Quila, Quillay, Peumo y Boldo) que se ubica entre los 400 y 600 metros de altura.

En el Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico de la Región del Maule (2012) se agrega que, sobre los 600 metros sobre el nivel del mar, en sectores de mayor humedad, se encuentran los bosques de *Nothofagus*, denominado Bosque Maulino (Roble Maulino, Canelo, Lingue, Olivillo, Coigüe). Entre los 800 y 1.000 metros se desarrolla el bosque de *Nothofagus* asociado con Canelo, Olivillo y Mañío y sobre los 1.200 metros, en la Cordillera de Los Andes, se ubica el bosque de Robles. En tanto, por sobre los 2.000 metros de altura se localiza el Ciprés de la Cordillera, y por sobre estas especies aparece la estepa andina de arbustos bajos y gramíneas. La fauna es muy variada (9 tipos de anfibios, 20 tipos de reptiles, 210 aves, 35 tipos de mamíferos terrestres).

El mismo Plan Regional señala que en la Laguna Torca la flora está formada por diversas especies de acuerdo con los diferentes sectores que la conforman: Batro y Totora en su ribera, mientras que en las especies acuáticas destaca la Lengua de Agua, el Pelo de Marisma y la Hierba del Sapo, especies que sobresalen por su abundancia. Para el sector costero de Llico la vegetación está compuesta por especies exóticas (introducidas) como el Pino Insigne, Pino Marítimo, Aromo Australiano y una gran variedad de eucaliptus, lo que, junto a la vegetación herbácea y arbustiva, actualmente cumplen la función de detener el avance de las dunas. En tanto la Isla Cerrillos está cubierta, en general, por especies del bosque esclerófilo, tales como Peumo y Litre, propios de la región.

La Tabla 7-1 señala la vegetación en las áreas protegidas existentes en la Región del Maule.

Tabla 7-1 Vegetación característica áreas protegidas Región del Maule

Áreas Protegidas	Vegetación
Parque y Reserva Nacional Radal Siete Tazas	Bosque nativo que cuenta con especies arbóreas tales como Coigüe, Hualo, Canelo, Pitao, Avellano, Copihue, Fuinque, Pelú, Tineo y Taique.
Reserva Nacional Los Ruiles	Ruil, especie clasificada en peligro y rara. Destacan además: Raulí, Mañío, Laurel, Roble, Coigüe, Ciprés, Radal, Olivillo, etc.
Reserva Nacional Altos de Lircay	Radal, avellanos, Roble, Coigüe, Lingue, Quillay y Peumo.
Reserva Nacional Los Queules	Queule y Pitao especies en Peligro de Extinción. Se suman Hualo, Bollén, Peumo, Litre, Laurel, Huillipatagua y Copihue.
Reserva Nacional Los Bellotos	Belloto del sur, especie en Peligro de Extinción. Se suman Roble Maulino, Roble, Coigüe, Ciprés de la Cordillera, Peumo, Litre, Quillay y Avellano.
Santuario de la Naturaleza El Morrillo	Dentro de este ecosistema destaca su rica diversidad en el género Nothofagus, presentando siete especies: Roble, Raulí, Ñirre, Coigüe, Hualo, Huala y Lenga

Fuente: Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico de la Región del Maule, DGA, 2012.

De la tabla anterior destaca la presencia en la región de tres especies en peligro de extinción, las cuales se encuentran representadas en las unidades

protegidas detalladas. Por su parte, en la Tabla 7-2 se entrega la caracterización de las cuatro especies referidas.

Tabla 7-2 Especies categoría conservación áreas silvestres Región del Maule

ESPECIE	NOMBRE CIENTIFICO	CATEGORIA	REFERENCIA O DECRETO
Belloto del Sur	*Beilschmiedia berteroana*	En Peligro	DS 50/2008 MINSEGPRES
Queule	*Gomortega keule*	En Peligro	DS 151/2007 MINSEGPRES
Pitao	*Pitavia punctata*	En Peligro	DS 151/2007 MINSEGPRES
Ruil	*Nothofagus alessandrii*	En Peligro - Rara	DS 151/2007 MINSEGPRES

Fuente: Elaboración propia con datos Listado Especies Clasificadas (RCE)

De las especies listadas en la tabla anterior destaca la presencia del Ruil (*N. alessandrii*), el cual se ha convertido en una especie emblemática para la Región del Maule. Lo anterior, considerando que no solo forma parte de su escudo de armas, sino que además es una especie que restringe su distribución sólo a la costa de esta zona.

A pesar de que se la ha declarado como "Monumento Nacional", prohibiéndose su corta, además de los esfuerzos que desarrolla CONAF para su protección en una Reserva Nacional, la especie se encuentra con riesgo de extinción. Su protección y recuperación es un desafío complejo, ya que la especie reúne características ecológicas, biológicas y sociales que dificultan los esfuerzos de conservación en un paisaje altamente antropizado. Su condición de riesgo se ve aumentada aún más por los incendios forestales que han aumentado su frecuencia e intensidad en la región.

7.3.1.2. Fauna

La Región del Maule se caracteriza porque en ella habita una fauna abundante, la que se concentra principalmente en la precordillera, en los

suelos agrícolas y en las áreas protegidas. Entre los animales se encuentran: Cururos, Chillas, Lobo de Mar, Pudú, Puma, Zorro Culpeo, Conejo, Liebre, Vizcacha, Degus y Coipo.

Por su parte, las aves más comunes son: Codorniz, Pato, Choroy, Cachaña, Perdiz, Tórtola, Cisne de Cuello Negro, Cóndor, Carpintero Negro, Cuervo de Pantano, Pigüinos, Tiuques, Garzas, Turcas, Loicas, Pequenes, Halcones, Chincoles, Jilgueros, Diucas y Chirigües. En la zona de montaña también es posible encontrar Lechuzas, Águilas y Guanacos. Los Cisnes y Cuervos se encuentran en las Lagunas Torca y Reloca.

De acuerdo con el Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico de la Región del Maule (2012), en la VII Región existen: 9 tipos de anfibios de los cuales 4 son endémicos; 20 tipos de reptiles, siendo 13 endémicos; 210 aves, 5 endémicas; 35 tipos de mamíferos terrestres, siendo 5 endémicos. Un ave típica de ambientes arbustivos y de matorral es el Loro Tricahue, que es el loro más grande y colorido de Chile, el cual se encuentra en peligro de extinción por la caza y captura de crías para mascotas. Se puede observar en la Reserva Nacional Río Cipreses. En la Tabla 7-3 se muestra la fauna característica de las áreas silvestres públicas en la región del Maule.

Tabla 7-3 Fauna característica áreas protegidas Región del Maule

ÁREA PROTEGIDA	FAUNA
Reserva Nacional Laguna Torca	Se han registrado más de 90 especies, de las cuales destaca: Cisne de Cuello Negro, Cuervo de Pantano, Cisne Coscoroba y Siete Colores. Por su parte en los mamíferos destacan el Coipo, Zorro y Quique.
Parque y Reserva Nacional Laguna Torca	En mamíferos destacan el Pudú, Zorro Culpeo, Zorro Gris, Quique, Vizcacha, Gato Colo Colo, Guiña y Chingue. Entre las aves se puede mencionar Loro Tricahue (en Peligro de Extinción), Torcaza, Cachaña, Halcón Peregrino, Cóndor, Águila, Bailarín, Aguilucho, Carpintero Negro, Pato Correntino, etc.
Reserva Nacional Los Queules	Las aves que se puede observar son: Pitío, Perdiz, Aguilucho, Cernícalo, Peuco, Zorzal, Loica, Chercán, Tórtola, Diucón y Cachudito.
Reserva Nacional Los Bellotos del Melado	Destacan las aves: Carpintero Negro, Pitío, Loro Tricahue, Águila, Viudita, Fiofío, Cata, Tiuque y Chercán.

Fuente: Elaboración propia con datos Listado Especies Clasificadas (RCE)

El caso del Loro Tricahue (*Cyanoliseus patagonus*), al cual si bien la IUCN clasifica a esta especie como Menor Riesgo (LC), la subespecie chilena (*bloxami*) se encuentra en categoría En Peligro (CONAF, 1987), lo cual se justifica debido a las alteraciones que ha sufrido el hábitat de esta especie y a la caza de la cual ha sido objeto.

7.3.2. Áreas de protección o conservación

Un gran desafío para la sociedad actual es encontrar maneras de asegurar la conservación de la biodiversidad, la cual se conoce, es un factor esencial para la sustentabilidad ecológica del planeta. Las áreas protegidas corresponden a uno de los principales instrumentos desarrollados para conservar la biodiversidad, las cuales en Chile están gestionadas por el SNASPE (Sistema Nacional Áreas Silvestres Protegidas del Estado), estamento que a través de la Corporación Nacional Forestal administra las áreas protegidas pertenecientes al Estado.

Desde su origen el SNASPE ha perseguido mantener la representatividad de los ecosistemas nacionales, así como proteger y hacerse cargo del desbalance geográfico en la cobertura de las áreas protegidas, caracterizado por el déficit de representación en la zona centro del país y la sobreprotección de los ecosistemas del extremo sur y el resto del territorio.

Por su parte, la Región del Maule históricamente ha sido una zona de amplia importancia productiva, caracterizada por ser una de las más importantes regiones agrícolas y forestales del país, lo cual ha sido conducente a tener una superficie altamente intervenida por diversas actividades e importantes centros urbanos. Sin embargo lo anterior, la zona de estudio posee destacadas áreas silvestres protegidas de reconocimiento a nivel nacional, las cuales son revisadas y caracterizadas en este apartado como resultado del levantamiento de sitios o áreas ambientalmente protegidas existentes

dentro de la zona de estudio, entre las que se reconocieron las figuras de protección que se describen en los siguientes apartados.

7.3.2.1. Áreas silvestres protegidas del Estado

En lo referido a las áreas silvestres protegidas estatales, la región del Maule posee una superficie de 4.138 hectáreas que se clasifican en Categoría II (Parque Nacional) y 14.530 para la Categoría IV (Reserva Nacional) del UICN[1]. La Comisión de Áreas Protegidas define estas superficies como "un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y gestionado, mediante medios legales u otros tipos de medios eficaces para conseguir la conservación a largo plazo de la naturaleza y de sus servicios ecosistémicos y sus valores culturales asociados". La Tabla 7-4 entrega el listado y superficies de las unidades de áreas silvestres protegidas públicas.

Como se aprecia, las áreas bajo protección oficial se concentran en las Unidades de Planificación Hídricas N°6 (Cuenca Media y Baja del Maule), N°9 (Cuencas Costeras entre el río Maule y el límite de la región), y la UPH N° 1 (Cuencas costeras entre el límite con la VII región y el río Mataquito).

Tabla 7-4 Áreas Silvestres Protegidas del Estado

N°	AREA PROTEGIDA	SUPERFICIE (ha)	UPH
1	Reserva Nacional Laguna Torca	604	UPH1 Cuencas Costeras entre límite región y río Mataquito
2	Parque Nacional Radal Siete Tazas	4.138	UPH6 Cuenca Media y Baja del Maule
3	Reserva Nacional Radal Siete Tazas	1.009	UPH6 Cuenca Media y Baja del Maule

[1] Comisión Mundial de Áreas Protegidas (UICN), la cual entrega asesoramiento internacional sobre la clasificación de las áreas protegidas desde hace casi un cuarto de siglo. La UICN ha desarrollado un sistema de clasificación de áreas protegidas, que constituye un estándar global para la planificación, establecimiento y gestión de áreas protegidas.

Tabla 7-4 Áreas Silvestres Protegidas del Estado			
N°	**AREA PROTEGIDA**	**SUPERFICIE (ha)**	**UPH**
4	Reserva Nacional Altos de Lircay	12.163	UPH6 Cuenca Media y Baja del Maule
5	Reserva Nacional Los Bellotos del Melado	417	UPH6 Cuenca Media y Baja del Maule
6	Reserva Nacional Los Ruiles	45	UPH9 Cuencas Costeras entre río Maule y límite de la región
7	Reserva Nacional Federico Albert	145	UPH9 Cuencas Costeras entre río Maule y límite de la región
8	Reserva Nacional Los Queules	147	UPH9 Cuencas Costeras entre río Maule y límite de la región
TOTAL		**18.668**	

Fuente: Corporación Nacional Forestal, 2015

7.3.2.2. Áreas silvestres protegidas privadas

Las áreas silvestres protegidas de propiedad privada se encuentran reguladas en el artículo 35 de la Ley Nº 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente. Según Codeff (2014), en la Región del Maule existe una superficie de 30.914 hectáreas distribuidas en 16 predios (Tabla 7-5).

Tabla 7-5 Áreas Silvestres Protegidas Privadas				
N°	**AREA PROTEGIDA**	**PROPIETARIO**	**SUPERFICIE (ha)**	**UPH**
1	AAVC* Trehualemu	EMPRESAS FORESTALES	3.644	UPH 9
2	AAVC Bosque Maulino con Queules y Pitaos de Ralbún	Bosques Arauco S.A	2.043	UPH 9
3	AAVC Bosque Maulino con Queules y Pitaos de Ralbún	Bosques Arauco S.A	1.718	UPH 9
4	AAVC Ruiles de Porvenir y El Fin	Bosques Arauco S.A	11.460	UPH 9
5	AAVC Ciénagas de Name	Bosques Arauco S.A	1.183	UPH 9
6	Fundo Provoste	Forestal CMPC	2.484	S/I
7	Huillín	EMPRESAS FORESTALES	313	S/I
8	Fundo el Canelillo de Rari	-	614	UPH 8
9	Parque Tricahue	-	628	S/I

Tabla 7-5 Áreas Silvestres Protegidas Privadas				
N°	**AREA PROTEGIDA**	**PROPIETARIO**	**SUPERFICIE (ha)**	**UPH**
10	AAVC Bosque Maulino con Ruiles y Pitaos de Quivolgo	Bosques Arauco S.A	6.007	UPH 9
11	El Bulchén	-	824	S/I
12	La Invernada	-	456	S/I
13	La Pancora	Viña Apaltagua	1.139	
14	AAVC Bosque Escleróphilo de Lolol	Bosques Arauco S.A	1.805	UPH 3
15	AAVC Palmas de Hualañé	Bosques Arauco S.A	7.193	UPH 3
16	AAVC Pajonales de Tilicura	Bosques Arauco S.A	2.046	UPH 1
TOTAL			**30.914**	

Fuente: http://www.asiconservachile.cl (2016). (*) AAVC= Áreas de Alto Valor de Conservación, según Bosques Arauco S.A.

Las áreas de protección privadas se concentran principalmente en los bosques de la cordillera de la costa de la región, en la UPH 9, UPH 3 y UPH1.

De los modelos de protección de superficies naturales, se obtiene que la región del Maule posee más de 50 mil hectáreas bajo alguna figura de protección, las cuales se concentran mayoritariamente en la Cordillera de la Costa y en la Precordillera de los Andes. Esta distribución es concordante con la cuestionada distribución de las áreas protegidas del país, las que carecen de conexión entre las mismas limitando la existencia de corredores biológicos y resultando menos funcional para la conservación y preservación de la vida silvestres regional.

7.3.2.3. Santuarios de la Naturaleza

Es una categoría de protección contemplada en la Ley Nº17.288, sobre Monumentos Nacionales de Chile, y está enfocada a la salvaguarda y disfrute del carácter monumental de los espacios naturales. Generalmente es un área reducida.

Según la División de Recursos Naturales Renovables y Biodiversidad (2011), este tipo de áreas se define por el Ministerio de Medio Ambiente, el cual

también es responsable de su custodia ya sean estas públicas o privadas. El mismo estamento define a estas áreas silvestre protegidas como: "Son santuarios de la naturaleza todos aquellos sitios terrestres o marinos que ofrezcan posibilidades especiales para estudios e investigaciones geológicas, paleontológicas, zoológicas, botánicas o de ecología, o que posean formaciones naturales, cuya conservación sea de interés para la ciencia o para el Estado". En la Región del Maule destacan los santuarios que se listan en la Tabla 7-6.

Tabla 7-6 Santuarios de la Naturaleza en la Región del Maule

N°	NOMBRE SANTUARIO	SUPERFICIE (ha)	UPH
1	Santuario de la Naturaleza Alto Huemul	10.000,0	UPH 2
2	Santuario de la Naturaleza El Morrillo	1.060,0	UPH 6
3	Santuario de la Naturaleza Reloca	293,2	UPH 9
4	Santuario de la Naturaleza Rocas de Constitución	108,4	UPH 6
	TOTAL	**11.461,6**	

Fuente: Corporación Nacional Forestal, 2015

Es particular la situación del Santuario Alto Huemul, del cual su superficie total (19.000,0 ha) se comparte entre la Región de O´Higgins y la Región del Maule, con poco menos de 10.000 hectáreas en la VII región.

7.3.2.4. Sitios prioritarios en estrategia regional de biodiversidad

En el documento de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), elaborado en octubre del año 2002, llamado "Estrategia y Plan de Acción para la Conservación de La Biodiversidad en la Región del Maule" se identifican sitios con características singulares en cuanto a la biodiversidad en sus distintos niveles (ecosistemas, especies y genes), éstos corresponden a ecosistemas, ambientes, hábitats, etc., que se busca proteger.

El documento referido definió numerosos sitios prioritarios en la región, en los ámbitos de: Ecosistemas Costero-Marinos, Ecosistemas de Aguas

Continentales, Ecosistemas Altoandinos, y Ecosistemas Forestales, entre los cuales se definen cinco de mayor importancia:

- **Bosquetes de Ruil en Curepto (La piragua-El Peumo)**: Estos bosquetes principalmente se encuentran en quebradas propiedad de empresas forestales y pequeños propietarios. Estas superficies se definen en la búsqueda de establecer una Estrategia para la recuperación del Ruil, en acuerdo con los actores de mayor pertinencia y propietarios.
- **Sector de Bullileo**: Corresponde a un ecosistema extremadamente rico en especies y comunidades biológicas, lo que se debe especialmente a que en el sector confluyen ecosistemas del tipo mediterráneo con otros del bosque templado lluvioso, por lo tanto, se puede encontrar la mayor concentración de *Nothofagus* de la región e incluso del país. Se hace necesario que este sector se sume al SNASPE, para lo cual el documento de Estrategia determina que es preciso estudiar mecanismos financieros a través de los cuales se pudiera lograr disponer de recursos suficientes para adquirir el predio.
- **Quebradas de Tregualemu**: Corresponden a paños de bosque nativo ubicados en las quebradas del sector, las cuales concentran un alto número de especies en peligro de extinción, preferentemente guiña, queule y pitao. Son relictos de bosque que actualmente están en propiedad de Forestal Millalemu y en donde se ha creado una Reserva Nacional que administra CONAF (RN Los Queules).
- **Arcos de Calán**: Corresponde a una franja de intermareal rocoso que se busca proteger para su mantención como reservorio. Para estos efectos se plantea la posibilidad de crear una Reserva Marina.
- **Pajonales de Tilicura**: Corresponde a un humedal en estado de retroceso que sostiene abundante avifauna, posiblemente existe allí la mayor población de coipos de la región. En las laderas existen plantaciones de pino insigne propiedad la empresa Forestal Celco S.A. y otros propietarios particulares dedicados a la agricultura. Es imprescindible aquí lograr una estabilización del caudal de la laguna.

Tabla 7-7 Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad		
N°	**NOMBRE SANTUARIO**	**UPH**
1	Bosquetes de Ruil en Curepto	UPH 3
2	Sector de Bullileo	UPH 8
3	Quebradas de Tregualemu	UPH 9
4	Arcos de Calán	UPH 9
5	Pajonales de Tilicura	UPH 1

Fuente: Estrategia y Plan de Acción para la biodiversidad en la región del Maule (2002)

7.3.2.5. Humedales

En complemento a los sitios prioritarios identificados en la estrategia regional de biodiversidad, en la Tabla 7-8 se presenta el listado de cursos y cuerpos de agua considerados como humedales relevantes en la región. No se identificaron sitios RAMSAR en el área de estudio.

Tabla 7-8 Humedales de la Región del Maule		
Nombre	**Subcuenca**	**UPH**
Complejo Laguna Torca	Lago Vichuquén	UPH 1
Laguna Vichuquén	Lago Vichuquén	UPH 1
Lagunas de Teno	Rio Teno	UPH 2
Lagunas El Junquillar	Rio Claro	UPH 2
Lagunas de Mondaca	Rio Lontué	UPH 2
Rio Mataquito (Des)	Rio Mataquito	UPH 3
Rio y Laguna Reloca	Rio Reloca	UPH 4
Ciénago El Name	Rio Reloca	UPH 4
Embalse Tutuvén	Costeras entre Quebrada Honda y Rio Reloca	UPH 4
Laguna La Mollera	Rio Maule Alto (Hasta antes junta Rio Melado)	UPH 5
Laguna Agua Caliente	Rio Maule Alto (Hasta antes junta Rio Melado)	UPH 5
Laguna La Invernada	Rio Maule Alto (Hasta antes junta Rio Melado)	UPH 5
Laguna del Maule	Rio Maule Alto (Hasta antes junta Rio Melado)	UPH 5
Laguna Dial	Rio Melado	UPH 5
Embalse Colbún	Maule Medio	UPH 6
Arrozales de Parral	Perquilauquén Bajo	UPH 7
Embalse La Digua	Perquilauquén Alto	UPH 7
Embalse Bullileo	Rio Loncomilla	UPH 8

Fuente: Dirección General de Aguas.

7.4. IMPACTOS SOBRE EL MEDIOAMBIENTE

Las últimas décadas han determinado un incremento en la preocupación social respecto al cuidado de los recursos naturales, y en especial sobre los recursos hídricos. Este fenómeno se ve reflejado además en el aspecto normativo, en cuanto las autoridades han debido elevar los estándares en el uso y aprovechamiento del agua.

En lo específico de la Región del Maule, y con posibilidad de extrapolar a todo el territorio nacional, algunos de los factores que afectan a los recursos hídricos son:

- El crecimiento demográfico, en particular en las comunas en las que escasea el agua
- La migración masiva del campo a las ciudades
- La demanda por un mejor nivel de vida
- El aumento de la competencia entre los diferentes usos de los recursos hídricos
- La contaminación producida por fábricas, las propias ciudades y las tierras agrícolas
- El depósito de agroquímicos derivados de la actividad agrícola
- Perdida de superficie de formaciones vegetales nativas, lo que resulta en incremento de la escorrentía superficial y aumento del arrastre del suelo hacia los cauces naturales.
- Generación hidroeléctrica y sus consecuencias en el comportamiento hidrológico de los cauces naturales.
- El cambio climático y la variabilidad natural de la distribución y presencia del agua complican aún más el desarrollo sostenible de nuestros recursos hídricos.

A continuación se describen los principales factores que afectan a los recursos hídricos, o presiones, así como los pasivos ambientales identificados en el territorio.

7.4.1. Presiones

De acuerdo con el capítulo a los Recursos Hídricos, del documento del Ministerio del Medio Ambiente "Informe del Estado del Medio Ambiente 2011" las principales presiones sobre cuerpos de agua corresponden a alteraciones en su disponibilidad y calidad, siendo las más destacadas la extracción de agua y la descarga de efluentes (puntuales y difusas). Las actividades humanas que producen estas presiones son la agricultura y agroindustria, cultivos hidrobiológicos, la industria y minería, generación eléctrica, el consumo humano y las descargas de aguas con distintos niveles de tratamiento, y los usos recreacionales.

Estos usos han sido descritos tanto en el capítulo de infraestructura como en el de calidad de aguas, por lo que se abordan en forma resumida dentro de este apartado.

7.4.1.1. Agricultura y Silvicultura

Se incluye el riego agrícola en este apartado considerando que este uso es aquel que consume la mayor proporción de los recursos hídricos de la región. Para la región se distingue riego irrestricto y restringido: El primero es el que contempla agua, cuyas características físicas, químicas y biológicas la hacen apta para su uso regular en cada una de las etapas de desarrollo de cultivos agrícolas, plantaciones forestales o praderas naturales. Por su parte el riego restringido, en cambio, la aplicación se debe controlar, debido a que sus características no son las adecuadas para utilizarlas en todas las etapas de cultivos y plantaciones.

Según la Oficina de Planificación Agrícola, ODEPA[2], la región cuenta con 41.904 explotaciones agrícolas, con un total de 2.706.624,3 ha. La mayor parte de las explotaciones corresponden a pequeños productores (menores

[2] Odepa. Información Regional 2013. Región del Maule

a 20 ha), que en conjunto representan el 5,9% de la superficie, mientras que las explotaciones mayores a 100 ha representan el 81,7% de la superficie, y corresponden a 2.793 explotaciones.

En complemento, y a partir de antecedentes del censo Agrícola del año 2007, el mismo documento indica que la superficie agrícola total en la región es de 761.981,2 ha, de las cuales 268.187,7 ha corresponden a cultivos agrícolas, a lo que se suman 493.526,5 ha de plantaciones forestales. La Región del Maule concentra el 17,2% de la superficie nacional dedicada a cultivos según el censo de 2007, correspondiendo su uso principal a plantaciones forestales, seguidas por cereales, frutales, plantas forrajeras y viñas y parronales, grupos que en su conjunto responden por el 94% de la superficie de cultivos en la región.

- Cereales: cultivo de arroz, maíz y trigo mayoritariamente en la comuna de Parral, provincia de Linares. La región contiene el 80,3% de la superficie nacional de arroz y el 29,1% de la de maíz.
- Frutales: las principales especies frutales que se cultivan en la región, y cuya producción tiene un componente exportable importante, son manzanos, kiwis, cerezos, arándanos y frambuesos. Cabe destacar la importancia en superficie dedicada a la producción de frutas con relación al total nacional, como son los casos de las frambuesas (60%), manzanas rojas (58%), kiwi (51%), cerezo (44 %), manzanas verdes (37%) y arándanos (25%).
- Viñas y parronales: la mayor superficie de viñas en la región se localiza en las comunas de San Javier (Linares); Molina y Sagrada Familia (Curicó); Cauquenes (Cauquenes) y Pencahue (Talca). Cerca de un 35% del total nacional se ubica en esta región. Cabe destacar la gran incidencia que tiene la región en lo relativo a viñas viníferas, explicando cerca de 40% del total nacional para variedades tintas y blancas.
- Plantaciones forestales: fundamentalmente se trata de plantaciones de pino radiata, especie que ocupa casi 89% de la superficie forestal de la región.

La misma fuente (ODEPA, 2013), señala que la superficie bajo riego es de 305.529,9 ha, principalmente concentrada en las provincias de Linares (125.144,8), Talca (91.315,7), Curicó (86.021,3), y Cauquenes (3.047,4). El riego tendido representa el 50% de la superficie total (150 mil hectáreas), seguido por riego por surco (94.468,3), y riego por goteo o cinta (27.713,8). Se aprecia una discrepancia con las 268.187,7 ha que señalan como cultivos en la región.

En complemento, y a partir del Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile, elaborado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF), la superficie agropecuaria en la región alcanza un total de 737.194 ha. La diferencia se explica en tanto dentro de esta clasificación se incluyeron los terrenos dedicados a barbecho y praderas destinadas a la ganadería. Las Unidades de Planificación Hídrica que concentran la actividad agropecuaria son la UPH 8 (Río Loncomilla), UPH 6 (Maule Medio y Bajo), y UPH 7 (Río Perquilauquén). En menor medida destaca la UPH 2 (Ríos Teno y Lontué). El detalle se presenta en la tabla siguiente:

Tabla 7-9 Usos del suelo en la región del Maule, según Catastro de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile

UPH	USO AGROPECUARIO	USO FORESTAL	ZONAS URBANAS - INDUSTRIALES	ZONAS MINERAS	VEGETACION NATURAL	CUERPOS DE AGUA-HUMEDALES - VEGAS-MARISMAS	SIN VEGETACION /SIN INFORMACION	TOTAL
UPH1	3.365	39.665	299	-	15.967	1.558	484	**61.338**
UPH2	87.003	9.289	2.648	-	190.160	6.276	168.266	**463.642**
UPH3	35.285	33.120	662	83	94.214	2.819	2.147	**168.331**
UPH4	8.070	60.214	88	-	33.128	97	7.089	**108.686**
UPH5	1.919	42	-	-	208.569	10.508	278.425	**499.462**
UPH6	189.746	94.535	4.607	194	227.161	12.796	37.419	**566.460**
UPH8	227.174	127.717	1.532	-	233.659	2.583	6.119	**598.784**
UPH7	159.159	33.080	1.951	-	189.033	5.592	50.232	**439.047**
UPH9	25.474	124.235	553	-	46.567	205	2.444	**199.478**
TOTAL	**737.194**	**521.897**	**12.340**	**277**	**1.238.460**	**42.435**	**552.624**	**3.105.227**

Fuente: elaboración propia a partir de coberturas cartográficas elaboradas por CONAF (2013).

Los impactos principales asociados a la actividad agrícola y silvícola corresponden principalmente a la sustitución de las coberturas originarias y la contaminación producto de la producción intensiva.

La sustitución de bosques, matorrales y praderas, por cultivos extensivos, tanto agrícolas como forestales, resultó en una pérdida de especies y ecosistemas nativos, tanto por pérdida de hábitat como por fragmentación de los hábitats remanentes, los que quedan aislados, separados por monocultivos, que limitan el intercambio genético entre poblaciones que quedan separadas entre sí, favoreciendo procesos de especiación. Por ejemplo, se estima que a partir del siglo XIX, el área del bosque Maulino costero ha declinado progresivamente debido a las actividades antrópicas. En las últimas décadas, grandes áreas de bosque nativo han sido convertidas en plantaciones comerciales de pinos (*Pinus radiata*). Cerca del 18% del bosque Maulino costero fue sustituido por plantaciones entre los años 1978 y 1987[3].

En complemento, la producción intensiva de las superficies agrícolas resulta en alteraciones del ciclo hidrológico, ya que se extrae el caudal de los cursos principales y se deriva a cultivos de alta demanda. En complemento, se incorporan fertilizantes y plaguicidas a los ecosistemas, que pueden resultar en contaminación del cuerpo receptor (suelo, aire y agua), o bien afectar a las especies nativas.

[3] R. Bustamante, J. Simonetti, A. Grez y J. San Martín. "Fragmentación y dinámica de regeneración del bosque Maulino: diagnóstico actual y perspectivas futuras". Documento elaborado en el marco de proyectos Fondecyt 1981050 y 1010852. 2004.

7.4.1.2. Industria

Según el Ministerio de Agricultura[4], la principal actividad económica de la región del Maule es la silvoagropecuaria, ya que el valor del Producto Interno Bruto (PIB) sectorial representa un aporte del 12% en el total de la producción interna bruta regional. A esta cifra es necesario añadir el aporte que otorgan otros como transporte y comunicaciones, servicios financieros que están directa e indirectamente asociados a la actividad silvoagropecuaria, con lo cual, la participación se eleva al 31%.

Desde este punto de vista, la producción industrial se asocia principalmente a agroindustrias para el procesamiento de productos silvoagropecuarios. Según el sitio web de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, al año 2015 existían 93 empresas con descargas autorizadas a cursos y cuerpos de agua, según los DS N° 46/2002 y 90/2000[5]. De estas 93 empresas, 33 corresponden a industrias y elaboración y envasado de frutas y legumbres, 14 a fabricación de vinos y 6 a reproducción de peces y mariscos.

Tabla 7-10 Tipo de industrias con descargas autorizadas por la SISS en la Región

Actividad Industrial (según Código CIIU)	Total
Elaboración y envasado de frutas y legumbres (incluido los jugos)	33
Fabricación de vinos (las empresas que solo embotellan, sin mezclar)	14
Reproducción peces y mariscos	6
Servicios de saneamiento y similares	3
Conservas, caldos concentrados y otros alimentos deshidratados	2
Fabricación de papel y cartón	2
Aserraderos y otros talleres para preparar madera	2
Curtiduría y talleres de acabado	2
Elaboración de bebidas no alcohólicas y aguas minerales gasificadas y embotellado de aguas naturales y minerales	2

[4] http://maule.minagri.gob.cl/nuestra-region/vision-de-la-region/, revisado el 07 de octubre de 2016.

[5] Sistematizado a partir del registro de autocontrol de descargas de riles en la región, para el período 2013-14-15.

Tabla 7-10 Tipo de industrias con descargas autorizadas por la SISS en la Región

Actividad Industrial (según Código CIIU)	Total
Fabricación y refinación de azúcar	2
Corretaje agrícola, frutícola y lechera	2
Cría de ganado porcino	1
Cría y explotación animales no clasificados en otra parte	1
Fabricación de pulpa de madera	1
Elaboración de alimentos preparados para animales	1
Otros servicios agrícolas	1
Industrias alimenticias no clasificadas en otra parte	1
Matanza de ganado	1
Fabricación de mantequilla, queso, quesillos, crema y yogurt	1
No especificado	15
Total	**93**

Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios (www.siss.cl)

Los principales impactos asociados al desarrollo industrial consisten en la generación de residuos de origen principalmente orgánicos, tanto sólidos como líquidos. Esta descarga se puede realizar a cursos de aguas superficiales (cauces, canales), o aguas subterráneas, generando procesos de contaminación o de eutrofización, según sea el caso. Este es uno de los problemas de contaminación detectados con mayor frecuencia dentro de la región. Si bien no existe una gran cantidad de industrias asociadas, la fabricación de papel y cartón, en particular la planta de celulosa Licancel, ubicada en el río Mataquito (UPH 3), registró en el año 2007 se produjo un derrame de 70 mil metros cúbicos de residuos industriales líquidos no tratados, que resultó mortandad de peces y en una demanda del Consejo de Defensa del Estado contra la empresa, la que debió pagar una multa de 600 millones de pesos[6,7].

[6] http://www.lanacion.cl/noticias/site/artic/20100131/pags/20100131212345.html (revisado el 21/09/2016)

[7] http://www.emol.com/noticias/nacional/2007/06/09/258712/planta-licancel-de-celulosa-arauco-no-podra-funcionar-por-30-dias.html (revisado el 21/09/2016)

7.4.1.3. Minería

El desarrollo de la industria minera en la región del Maule es menor, en comparación con la inversión observada en otras regiones del país. Según el Atlas de Faenas Mineras del Servicio Nacional de Geología y Minería, la región cuenta con 21 faenas mineras, de las cuales 10 se encuentran activas (UPH 4, 6, 7 y 9, principalmente en esta última); 7 operan en forma irregular (UPH 4, 5 y 6); 2 cuentan con cierre definitivo (UPH 6 y 9); y 2 se encuentran abandonadas (UPH 6). Estas últimas dos faenas abandonadas corresponden a la Compañía Minera Las Palmas, de Pencahue, que es abordada en los pasivos ambientales de la región.

Tabla 7-11 Número de faenas mineras en la región del Maule

UPH	Nombre Faena	Tipo	Pasta	UTM Norte	UTM Este	Estado
4	Mina Orquídea II	Mina a Rajo abierto	Cuarzo	6094850	761360	Irregular
4	Mina Orquídea 1/20	Mina a Rajo abierto	Cuarzo	6095049	761540	Activa
4	Aus 14 1 al 20	Mina a Rajo abierto	Hematita – Magnetita	6108010	750512	Irregular
5	Exploración Alondra	Exploraciones	Cobre-Oro	6031000	342000	Irregular
6	Mina Colin 5	Mina subterránea	Sulfuros de cobre	6067479	249146	Irregular
6	Mina Santa Elena	Mina subterránea	Sulfuros de cobre	6082347	240094	Irregular
6	Mina y Planta Chepica	Mina subterránea	Cobre - Oro - Plata	6081817	240997	Activa
6	Cia. Minera Las Palmas S.A. (Pencahue) - Ex Tranque Las Palmas	Depósito - Tranque de Relaves	Oro - Plata	6103276	248114	Cierre Definitivo

Tabla 7-11 Número de faenas mineras en la región del Maule

UPH	Nombre Faena	Tipo	Pasta	UTM Norte	UTM Este	Estado
6	Cia. Minera Las Palmas S.A. (Pencahue) - Planta De Procesamiento Las Palmas	Planta Chancado	Oro - Plata	6103200	249000	Abandonada
6	Cia. Minera Las Palmas S.A. (Pencahue) - Cia. Mra. Las Palmas S.A.	Mina subterránea	Oro - Plata	6104500	249500	Abandonada
6	Mina y Planta Bélgica	Mina Rajo Abierto	Arena silícea	6085880	734610	Irregular
7	Mina Urano 1-408	Mina Rajo Abierto	Arcilla Plástica	6024142	752348	Activa
7	Planta Remulcao	Planta Molienda	Zeolitas	5985019	258082	Activa
9	Cristalerías Toro S.A.I.C. – Planta Flora	Planta Molienda	Arena Silícea	6062385	718436	Activa
9	Cristalerías Toro S.A.I.C. – Mina Pinotalca	Mina Rajo Abierto	Arena Silícea	6062678	718614	Activa
9	Mina Maria Elisa 1-4	Mina Subterranea	Talco	6077500	738000	Cierre Definitivo
9	Mina Los Carros	Mina Rajo Abierto	Arena Silícea	6065537	724493	Activa
9	Planta Proceso y Mina Santa Dorila	Mina Rajo Abierto	Arena Silícea	6075560	730830	Activa
9	Mina Disputada 1 al 10	Mina Subterránea	Sulfuros de Cobre	6079307	729828	Irregular
9	Planta Proceso y Mina Santa Dorila	Mina - Lavadero	Arena Silícea	6081331	734359	Activa
9	Mina Las Piedras	Mina Rajo Abierto	Cuarzo	6060000	735000	Activa

Fuente: SERNAGEOMIN. Atlas de Faenas Mineras.

Los principales impactos de la actividad minera consisten en la alteración de la cobertura original del suelo y de los patrones de escurrimiento superficial de las aguas, aporte de sólidos en suspensión, y aporte de distintos elementos contaminantes a los suelos, cursos de agua superficial y aguas

subterráneas. Los pasivos ambientales mineros pueden permanecer por largo tiempo en el territorio, como se observa en el caso del tranque ALS Palmas, en Pencahue.

7.4.1.4. Saneamiento

El consumo humano representa una presión sobre el recurso, no tanto por la tasa de extracción de agua, que es muy menor con relación a otros usos en la región, si no que por la entrega de aguas servidas tratadas a los cursos y cuerpos de agua, así como a los acuíferos.

Tabla 7-12 Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas en la Región del Maule

Empresa	Localidad	Población urbana	Población atendida	Cobertura (%)	UPH
NUEVOSUR S.A.	ILOCA	908	-	0,0%	1
	Sub total UPH 1	908	-	0,0%	
NUEVOSUR S.A.	LOS QUEÑES	835	225	27,0%	2
NUEVOSUR S.A.	RAUCO	5.619	4.862	86,5%	2
NUEVOSUR S.A.	ROMERAL	7.243	5.900	81,5%	2
NUEVOSUR S.A.	TENO	11.529	10.750	93,2%	2
AGUAS DEL CENTRO	LOTEO DOÑA CARMEN (SARMIENTO)	3.148	3.148	100,0%	2
AGUAS SARMIENTO	SARMIENTO	7.338	7.127	97,1%	2
NUEVOSUR S.A.	CURICO	122.621	121.487	99,1%	2
NUEVOSUR S.A.	LONTUE	12.123	11.146	91,9%	2
NUEVOSUR S.A.	MOLINA	28.623	27.236	95,2%	2
COOPERATIVA SAGRADA FAMILIA	SAGRADA FAMILIA	3.812	3.448	90,4%	2
	Sub total UPH 2	202.890	195.329	96,3%	
NUEVOSUR S.A.	CUREPTO	3.737	2.864	76,6%	3
NUEVOSUR S.A.	HUALAÑE	5.897	3.711	62,9%	3
NUEVOSUR S.A.	LICANTEN	4.192	3.239	77,3%	3
	Sub total UPH 3	13.826	9.814	71,0%	
NUEVOSUR S.A.	GUALLECO	565	200	35,4%	4

Tabla 7-12 Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas en la Región del Maule

Empresa	Localidad	Población urbana	Población atendida	Cobertura (%)	UPH
NUEVOSUR S.A.	PUTU	1.678	1.189	70,9%	4
	Sub total UPH 4	2.243	1.389	61,9%	
NUEVOSUR S.A.	PELARCO	3.125	2.783	89,1%	6
NUEVOSUR S.A.	SAN CLEMENTE	19.563	18.564	94,9%	6
NUEVOSUR S.A.	SAN RAFAEL	3.897	3.557	91,3%	6
NUEVOSUR S.A.	TALCA	219.273	217.584	99,2%	6
NUEVOSUR S.A.	CONSTITUCION	32.903	31.713	96,4%	6
	Sub total UPH 6	278.760	274.202	98,4%	
NUEVOSUR S.A.	CAUQUENES	38.104	36.659	96,2%	7
NUEVOSUR S.A.	PARRAL	31.037	29.836	96,1%	7
NUEVOSUR S.A.	RETIRO	5.247	4.882	93,0%	7
	Sub total UPH 7	74.389	71.378	96,0%	
NUEVOSUR S.A.	LINARES	82.067	80.791	98,4%	8
NUEVOSUR S.A.	LONGAVI	6.507	5.186	79,7%	8
NUEVOSUR S.A.	SAN JAVIER	26.764	25.620	95,7%	8
NUEVOSUR S.A.	VILLA ALEGRE	11.396	9.878	86,7%	8
NUEVOSUR S.A.	YERBAS BUENAS	3.441	3.250	94,4%	8
	Sub total UPH 8	130.176	124.724	95,8%	
NUEVOSUR S.A.	EMPEDRADO	3.002	2.391	79,6%	9
NUEVOSUR S.A.	CHANCO	4.249	3.875	91,2%	9
NUEVOSUR S.A.	CURANIPE	1.198	947	79,0%	9
NUEVOSUR S.A.	PELLUHUE	2.766	1.625	58,7%	9
	Sub total UPH 9	11.216	8.837	78,8%	
	TOTAL REGIONAL	**714.408**	**685.673**	**96,0%**	

Fuente: www.siss.cl

La descarga de aguas servidas, adecuadamente tratadas, no debiera resultar mayormente en alteración de los ecosistemas. Sin embargo, de todas formas alteran el contenido de nutrientes en los cuerpos o cursos de agua receptores, al mismo tiempo que los lodos generados deben ser tratados y dispuestos adecuadamente en rellenos sanitarios. Dependiendo del sistema de tratamiento, las plantas de tratamiento de aguas servidas

pueden generar olores, o bien ser foco de vectores infecciosos (moscas, otros insectos, roedores, aves).

7.4.1.5. Cultivos hidrobiológicos

La región cuenta con industria acuícola en desarrollo. Cuando se trata de aguas continentales superficiales, corresponde a la Subsecretaría de Pesca informar sobre la existencia de zonas destinadas a la acuicultura. En la región existen 14 centros de cultivos autorizados, de los cuales se encuentran operando actualmente el centro La Suiza con salmónidos y los centros con esturiones La Casona en Parral y San Guillermo en Retiro (TABLA 7-13).

Tabla 7-13 Número de centros autorizados en la región del Maule

N°	Centro	Titular	Código	Especie Autorizada
1	LAS GARZAS	SALMONES COLBÚN LTDA.	70018	SALMÓNIDOS
2	LA SUIZA	SALMONES COLBÚN S.A.	70015	SALMÓNIDOS
3	EL COLORADO	SALMONES COLBÚN LTDA	70003	SALMÓNIDOS
4	BRAMADERO	SALMONES COLBÚN LTDA	70021	SALMÓNIDOS
5	TALCA CHICO	SALMONES COLBÚN LTDA	70019	SALMÓNIDOS
6	EL CANELO	SALMONES COLBÚN LTDA	70017	SALMÓNIDOS
7	CANELO II	SALMONES COLBÚN LTDA	70020	SALMÓNIDOS
8	EL GUANACO	SALMONES COLBÚN LTDA	70025	SALMÓNIDOS
9	LAGUNA LOS TEMOS	SALMONES COLBÚN LTDA	70010	SALMÓNIDOS
10	BAJO PERQUIN	CARLOS SALGADO P.	70016	SALMÓNIDOS
11	DIVINA PROVIDENCIA	PABLO GAETE CORNEJO	70024	SALMÓNIDOS
12	LA CASONA	ACUICOLA ALAS	70023	*Acipenser transmontanu; Acipenser baerii*
13	PALMA ROSA	ACUICOLA ALAS	70022	*Acipenser transmontanu; Acipenser baerii*
14	SAN GUILLERMO	GUILLERMO MARIN	70026	*Acipenser transmontanus*

Fuente: Subsecretaría de Pesca

Complementando lo anterior, la Subsecretaria de Pesca el año 2005 definió lugares que serían adecuados para el uso como estuarios en la Región del Maule. En la Tabla siguiente se entregan más detalles, además la ubicación geográfica de los sitios definidos.

Tabla 7-14 Estuarios propuestos como Áreas Apropiadas en la Región del Maule

Nombre Estuario	Ubicación Geográfica		Ancho estuario (m)	Largo estuario (m)	UPH
	Lat./Long.	Lat./Long.			
Laguna Boyeruca	72°03´19,00”	34°46’00’’	80	1.700	1*
Río Mataquito	72°11´02,20”	35°01´07,30	300	6.000	2
Huenchullami	35º06´00.40"	35º07´37".10"	150	2.700	4
Río Maule Desembocadura	35º18´59,20"	72º24´30,00"	1.000	15.000	6
Río Maule Piedra El Lobo	35º18´53.20"	72º23´55.20"	1.000	-	6
Río Loanco	72°37,01,60	72°36´25,80”	230	700	9
Río Chovellén	35°52´26,70”	35°53´18,50”	60	800	9

Fuente: Res. Ex. Nº 2340/2005, Subsecretaría de Pesca

(*) La resolución de SubPesca sitúa esta laguna en la región del Maule, pero se encuentra en la Región de O´Higgins.

Los principales impactos asociados al desarrollo de cultivos hidrobiológicos dependen en gran medida si se trata de cultivos en fuentes naturales, o bien en sistemas cerrados y aislados. Para el caso de los que se encuentran en fuentes naturales, ríos, lagos y bahías, los impactos principales corresponden a la eutrofización del hábitat circundante por aporte de materia orgánica por sobre las capacidades de depuración del sistema, producto de la alimentación de los peces y sus excretas. En complemento, las medidas sanitarias (por ejemplo, uso de antibióticos) en el proceso productivo, resultan en incorporación directa o indirecta de estos agentes al medio natural. Finalmente, la liberación accidental de los individuos que están siendo reproducidos puede afectar el balance de la fauna íctica o bentónica local.

7.4.1.6. Pesca deportiva y recreacional

Corresponde a la captura de especies hidrobiológicas sin fines de lucro y con propósito de deporte, recreo, turismo o pasatiempo. La principal área donde se desarrolla esta práctica es:

- Cuenca del Río Mataquito, en la UPH 2
    - Los Queñes en la confluencia de los ríos Teno y Claro
- Cuenca del Río Maule
    - La zona cordillerana de la provincia de Talca, donde se ubica la Reserva Nacional Siete Tazas. Sin embargo no se dispone de información para la ubicación exactas de los puntos donde se lleva a cabo esta actividad, en la UPH 6
    - El embalse Colbún, donde típicamente se pescan salmones y truchas, en la UPH 6
    - La laguna del Maule, en la UPH 5
    - Pesca deportiva en Armerillo, en la UPH 6
    - Sector pejerrey en el río Achibueno, en la UPH 8
    - Pesca deportiva en Laguna Dial, en la UPH 5
    - Río Melado, en la UPH 5

Los principales impactos asociados a la pesca se asocian principalmente a la afectación de poblaciones naturales, por extracción de individuos en distintos estados de desarrollo. Sin embargo, esta práctica afecta principalmente a especies introducidas (truchas y salmones), por sobre las especies nativas. En complemento, se pueden producir episodios de contaminación biológica por manipulación de equipos contaminados, por ejemplo, incorporando *Didymosphenia geminata* en ambientes libres de esta alga.

7.4.1.7. Generación eléctrica

La región presenta un avanzado desarrollo hidroeléctrico, tanto de centrales de regulación (Colbún, Machicura, Cipreses y Pehuenche), como de centrales de pasada. En total, y según el Ministerio de Energía, en la región existen 9 centrales hidroeléctricas con potencia instalada mayor a 20 MW, y 10 con potencia menor a este umbral, que se consideran como ERNC. Las centrales se concentran en la UPH Río Maule Alto (UPH 5), con 7 centrales; y la UPH Río Maule Bajo y Medio (UPH 6), también con 8 centrales. Además, existen dos centrales en la UPH 8, Río Perquilauquén, y 2 en la UPH 2, Ríos

Teno y Lontué. El sistema Colbún – Machicura se dividió entre las UPH 6, la primera, por la ubicación de la presa del embalse, y 8, la segunda, pese a que la casa de máquinas de Colbún se encuentra en la UPH 8.

Además, existen 5 centrales que están en etapa de construcción, Los Cóndores (Endesa), La Montaña (VHC), Río Colorado (GPW / Hidroeléctrica Río Colorado), Ancoa (GPE), y Túnel Melado (Besalco Energía Renovable). El detalle de las centrales hidroeléctrica se presenta en el capítulo de infraestructura de este informe.

Los impactos principales de este tipo de proyectos consisten en la regulación de las cuencas hidrológicas en las que se encuentra. En el caso de las centrales con embalses, se traspasan masas de agua desde una estación a otra, o de una temporada a otra, alterando el ciclo hidrológico. Producto de la retención de las aguas se retienen también los sedimentos contenidos en la columna de agua, y los nutrientes asociados. Así mismo, la reducción de la energía potencial propia del cauce (transformada en energía eléctrica), afecta la dinámica de transformación del cauce. Adicionalmente, las centrales resultan en la generación de nuevos hábitats lénticos en reemplazo de los hábitats lóticos, afectando a las especies de fauna íctica originarias, y separando poblaciones por el efecto barrera de la presa. En el caso de las centrales de pasada, se afecta el cauce principal por la extracción de caudales que serán trasladados mediante conductos artificiales, por lo que en ciertos tramos del cauce operan de manera similar a un uso consuntivo, aunque no afecten el balance de masas de agua de la cuenca.

7.4.2. Pasivos medio ambientales

En este apartado se entrega antecedentes sobre los pasivos ambientales identificados para la Región del Maule, los cuales se han determinado preferentemente en aquellos generados de la industria silvoagropecuaria e hidroeléctrica.

En el país se reconoce una geografía diversa con paisajes y climas variados, donde además destaca la abundancia de recursos naturales, de los cuales Chile recibe mayoritariamente sus ingresos. En la explotación de estos es

que la economía nacional ha generado tasas de crecimiento reconocidas a nivel mundial, y las cuales las autoridades pretenden mantener en el tiempo. De lo anterior es que se desprende la necesidad que el aprovechamiento o explotación de los recursos naturales se haga de manera sostenible, en cuanto se reconocen finitos y frágiles en su equilibrio natural.

Es en el marco de lo expuesto en el párrafo anterior es que en las últimas tres décadas se han comenzado a aplicar conceptos como el de Desarrollo Sustentable, Desarrollo Sostenible y el de Patrimonio Medioambiental, los cuales persiguen el objetivo de evitar que el desarrollo económico derive en costos inalcanzables para el entorno natural y así no derive en nefastos efectos secundarios. La tendencia de quienes dirigen los destinos de los territorios debe ser el considerar a un medio ambiente sano como fuente de riqueza, cuidar el patrimonio ambiental, y que estos lineamientos no aparezcan como obstáculo al progreso, sino más bien como una necesidad para lograr un avance y desarrollo adecuado.

De acuerdo con CONAMA (2006-2008) los pasivos ambientales corresponden a todo lugar o terreno impactado ambientalmente por una actividad que ha cesado en el tiempo y sobre la cual en el tiempo no se ejerce un control. En la región del Maule el potencial productivo se centra en la actividad silvoagropecuaria e hidroeléctrica, rubros directamente asociados a la dinámica natural y dependientes de las condiciones ambientales del territorio. Sin embargo la importancia de estos, y junto a los impactos de las ciudades, son a estas actividades a las cuales se les asocian la generación de pasivos ambientales en la región, muchos de los cuales para los que no se han generado soluciones ni en el corto ni mediano plazo, generando la contaminación de suelos, agua, paisaje y aire.

En la Región del Maule es posible reconocer los siguientes pasivos ambientales: actividades forestales, agrícolas e hidroeléctricas. Los pasivos ambientales hidroeléctricos pueden ser definidos como los residuos generados por las faenas de construcción y operación de las centrales hidroeléctricas, haciendo referencia además a los eventuales efectos que

generarían al momento de abandonar las instalaciones. Por su parte los pasivos agrícolas y forestales se relacionan principalmente con la degradación de suelos debido al manejo deficiente que ha habido de estos cultivos, y al abandono de suelos que antiguamente fueron destinados a la actividad agrícola y que actualmente se encuentran desatendidos.

En complemento, existe un pasivo ambiental de origen minero, el Tranque de Relaves Las Palmas, en la Unidad de Planificación Hídrica N°6, Cuenca del Maule Medio y Bajo. El depósito – tranque de relaves cerrado definitivamente es el Tranque de Relave Las Palmas, que sufrió un colapso en forma posterior al terremoto del año 2010. Un estudio realizado por el DICTUC estimó que 2,44 hectáreas de tranque de relave colapsaron en 10,86 hectáreas de terreno aledaño, bloqueando dos cauces, correspondientes a la Quebrada Los Ladrones y el Estero Las Palmas. El área de la zona noroeste del tranque no colapso, pero presenta serios riesgos de derrumbe, punto que no es el foco de este estudio y que deberá ser evaluado por otro grupo de especialistas. El volumen total colapsado representa aproximadamente 200.000 m3, las obstrucciones de los cauces se estiman en 23.000 m3 para las dos zonas del Estero Las Palmas y en 42.000 m3 para la Quebrada Los Ladrones. El material colapsado está compuesto principalmente por relave y en parte por la cobertura de suelo dispuesta originalmente sobre el relave para el proceso de cierre. Localmente, el material derrumbado contiene objetos arrastrados durante el evento, incluyendo mangueras, maquinas, y restos de estructuras.

7.5. GESTIÓN AMBIENTAL

La gestión ambiental de la región se evaluó en función de los instrumentos de gestión ambiental definidos en la Ley de Bases Generales del Medioambiente.

El Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental fue establecido con la promulgación de la ley N° 19.300, de Bases Generales sobre el Medioambiente, en marzo de 1994.

Tras las sugerencias de la OCDE y la publicación de Ley Nº 20.417 en el 2010, se creó la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), como un servicio público descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio, sometido a la supervigilancia del Presidente de la República a través del Ministerio del Medio Ambiente, y cuyos cargos directivos son provistos de acuerdo con el sistema de Alta Dirección Pública.

7.5.1. Sistema de Evaluación de impacto Ambiental

En la actualidad, la región cuenta con 28 Estudios de Impacto Ambiental con Resolución de Calificación Ambiental favorable, y ninguno en tramitación. Los proyectos sometidos corresponden en su mayoría a generación eléctrica (16), 6 a proyectos de saneamiento, 3 a industrias, 1 a agroindustrias, 1 a infraestructura hidráulica, y 1 a infraestructura.

Tabla 7-15 Estudios de Impacto Ambiental aprobados en la región

N°	Nombre	Titular	Inversión (MMU$)	Fecha calificación	Sector productivo	UPH
1	Central Hidroeléctrica Los Hierros II, Obras de Generación y Transmisión	Empresa Eléctrica Portezuelo SpA	16,0	23-ene-2013	Energía	5
2	Línea de Transmisión Eléctrica Los Hierros- Canal Melado; y Subestaciones Los Hierros y Canal Melado	Besalco Construcciones S.A	10,3	30-dic-2011	Energía	5
3	Central Hidroeléctrica Los Hierros	Empresa Eléctrica Aguas del Melado S.A.	50,0	9-nov-2010	Energía	5
4	CENTRAL HIDROELÉCTRICA EMBALSE ANCOA	HIDROELÉCTRICA EMBALSE ANCOA SpA	50,0	31-dic-2014	Energía	8
5	Central Hidroeléctrica Chupallar, Obras de Generación y Transmisión	Empresa Eléctrica Chupallar SpA	49,5	13-ene-2016	Energía	8
6	Línea de Transmisión 1x220 KV Centinela - Panimávida	Hidroeléctrica Centinela S.A	16,5	27-feb-2014	Energía	8
7	Central hidroeléctrica Túnel Melado Obras de Generación y de Transmisión	Besalco Construcciones S.A	11,3	2-may-2013	Energía	6
8	Embalse Ancoa	MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS	55,0	8-nov-2006	Infraestructura Hidráulica	8
9	Línea de Transmisión Eléctrica de 2x220 kv S/E Ancoa S/E Itahue (Segunda Presentación)	TRANSELEC S.A.	14,1	16-may-2003	Energía	8

Tabla 7-15 Estudios de Impacto Ambiental aprobados en la región

N°	Nombre	Titular	Inversión (MMU$)	Fecha calificación	Sector productivo	UPH
10	MEJORAMIENTO AMBIENTAL DEL ACTUAL SISTEMA DE DESCARGA DE EFLUENTES TRATADOS DE PLANTA CONSTITUCIÓN	Celulosa Arauco y Constitución S.A.	2,6	20-feb-2006	Saneamiento Ambiental	6
11	Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Linares	Nuevosur S. A.	9,0	28-feb-2003	Saneamiento Ambiental	8
12	Proyecto hidroeléctrico ACHIBUENO	Hidroeléctrica Centinela S.A	285,0	12-ene-2011	Energía	8
13	Habilitación Circunvalación Sur de Talca Eje Ignacio Carrera Pinto	MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS	14,9	28-feb-2012	Otros	6
14	Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Talca	Nuevosur S. A.	15,0	13-mar-2003	Saneamiento Ambiental	6
15	Central Hidroeléctrica Embalse Bullileo	Bullileo SpA	11,5	9-dic-2013	Energía	8
16	Centro de Tratamiento Eco Maule	ECOMAULE S.A.	3,2	22-jul-2004	Saneamiento Ambiental	6
17	CENTRAL HIDROELÉCTRICA RÍO COLORADO	Hidroeléctrica Río Colorado S.A.	49,0	24-dic-2014	Energía	5
18	LTE CH Los Cóndores - S/E Ancoa	Empresa Nacional de Electricidad S.A.	60,0	10-may-2012	Energía	5
19	Central Hidroeléctrica La Mina	Colbún S.A.	74,0	30-nov-2011	Energía	5
20	Central Hidroeléctrica Los Cóndores	Empresa Nacional de Electricidad S.A. ENDESA	180,0	17-abr-2008	Energía	5
21	Uso de Coque de Petróleo en Horno de Clínker	Bio Bio Cementos S.A.	---	7-nov-2002	Industria	2

Tabla 7-15 Estudios de Impacto Ambiental aprobados en la región

N°	Nombre	Titular	Inversión (MMU$)	Fecha calificación	Sector productivo	UPH
22	Relleno Sanitario El Retamo - Talca	Rellenos Sanitarios del Maule S.A.	3,0	25-jun-2001	Saneamiento Ambiental	6
23	Relleno Sanitario Parque El Guanaco - Curicó	Rellenos Sanitarios del Maule S.A.	2,5	18-ene-2002	Saneamiento Ambiental	2
24	Planta de Cemento en Teno	Bio Bio Cementos S.A.	160,0	6-nov-1996	Industria	2
25	Aumento de Generación Eléctrica en Planta de Celulosa Constitución Subestación y Línea de Transmisión de Alta Tensión	Arauco Generación S.A.	1,0	19-jun-1996	Energía	6
26	Planta Faenadora de Carnes y Desposte (Carnes Chile)	COEXCA S.A.	2,0	8-ago-1996	Agroindustria	6
27	Planta de Cartulinas (CMPC)	CMPC	200,0	29-dic-1995	Industria	8
28	Central Hidroeléctrica Loma Alta	Pehuenche S.A.	60,0	14-ago-1995	Energía	6

Fuente: www.e-seia.cl

En complemento, la región registra 636 proyectos sometidos al sistema mediante Declaración de Impacto Ambiental, que cuentan con RCA favorable; y 18 proyectos en evaluación.

Tabla 7-16 Declaraciones de Impacto Ambiental aprobadas en la región

Sector Productivo	N° de proyectos aprobados	%
Saneamiento Ambiental	323	50,8%
Inmobiliarios	83	13,1%
Infraestructura Hidráulica	50	7,9%
Energía	34	5,3%
Planificación Territorial e Inmobiliarios en Zonas	30	4,7%
Equipamiento	28	4,4%
Agropecuario	21	3,3%
Minería	17	2,7%
Instalaciones fabriles varias	16	2,5%
Otros	16	2,5%
Pesca y Acuicultura	11	1,7%
Forestal	4	0,6%
Infraestructura de Transporte	3	0,5%
Total	**636**	**100,0%**

Fuente: www.e-seia.cl

De los proyectos sometidos mediante Declaración de impacto Ambiental, más del 50% corresponden a saneamiento ambiental, que incluye dos tipologías diferentes: por un lado, las agroindustrias y sus alternativas de tratamiento de residuos industriales líquidos; y por el otro, instalaciones para el tratamiento de aguas servidas de origen domiciliario. Le siguen los proyectos inmobiliarios (13,1%), de infraestructura hidráulica (7,9%), y de energía (5,3%), entre otros.

7.5.2. Compromisos establecidos por los titulares de proyectos aprobados en el SEIA

Se realizó una revisión de los principales compromisos ambientales adquiridos por proyectos aprobados en el marco de Estudios de Impacto Ambiental aprobados en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

Como se mencionó, la principal tipología de proyectos sometidos al sistema corresponde a proyectos de generación eléctrica (16) y de saneamiento (6). En el caso de los proyectos hidroeléctricos, las principales medidas ambientales adoptadas corresponden a la restricción en la intervención de hábitat ribereños y establecimiento de caudales ecológicos que garanticen un flujo mínimo, tanto en la etapa de construcción como en la de operación. Se considera el rescate de peces en 4 de los proyectos evaluados.

El detalle de las medidas ambientales propuestas, así como el plan de seguimiento y los permisos ambientales sectoriales solicitados se presentan en el Anexo 7-2 de este capítulo, para cada uno de los 28 proyectos aprobados en la región.

7.5.3. Superintendencia de Medioambiente

La SMA coordina un sistema único de fiscalización, integrado y asociado a presupuestos por resultado. Con la publicación de la Ley N° 20.417, también se crea el Ministerio de Medio Ambiente y el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), concretándose la separación de funciones en materia regulatoria (Ministerio), de evaluación (SEA) y de sanción (SMA).

En el actual diseño institucional, la Superintendencia juega un rol importante como ente encargado de garantizar el cumplimiento de la regulación ambiental, teniendo a su cargo la ejecución, organización y coordinación del seguimiento y fiscalización de las Resoluciones de Calificación Ambiental, de las medidas de los Planes de Prevención y/o de Descontaminación Ambiental, del contenido de las Normas de Calidad Ambiental, Normas de

Emisión, Planes de Manejo, cuando corresponda, y de todos aquellos otros instrumentos de carácter ambiental que establezca la ley, así como la aplicación de sanciones en los casos de infracción a dichos instrumentos, previa instrucción de un procedimiento administrativo sancionatorio.

El contexto normativo que rige la acción de la Superintendencia en materia sancionatoria, se encuentra establecido principalmente en el Título III de la Ley Orgánica de la Superintendencia (SMA). De acuerdo al artículo 35 de la SMA, si el hecho, acto u omisión constituye una infracción de competencia de la SMA, ésta debe ser clasificada como gravísima, grave o leve, según la concurrencia de ciertos elementos que describe el artículo 36 de la Ley. Una vez clasificada la infracción, se ponderan cada una de las circunstancias del artículo 40 para la determinación de la sanción que en específico corresponde imponer, de acuerdo con los tipos de sanciones aplicables y los rangos de multa establecidos en los artículos 38 y 39, respectivamente.

- **Fiscalizaciones**: Esta sección presenta información sobre los procesos de fiscalización, en relación con los instrumentos de carácter ambiental de competencia de la SMA. Cabe destacar que la publicación de los expedientes está sujeta a que los procesos de fiscalización e investigación correspondientes se encuentren finalizados.
- **Procedimientos sancionatorios**: Esta sección presenta información sobre los procedimientos sancionatorios iniciados, en relación con los instrumentos de carácter ambiental de competencia de la SMA
- **Medidas provisionales**: Esta sección presenta información sobre las medidas provisionales adoptadas por la SMA para el resguardo del medio ambiente y/o la salud de las personas. Cabe destacar que la SMA puede aplicar medidas tanto dentro de un procedimiento sancionatorio, como de forma previa a su inicio, en caso de urgencia.
- **Registro Público de Sanciones**: Esta sección presenta información sobre las sanciones aplicadas por la SMA, respecto

a resoluciones sancionatorias que se encuentran firmes (sin recursos en proceso).

- **Catastro de Unidades Fiscalizables**: Esta sección presenta información asociada a cada Unidad Fiscalizable, incluyendo ubicación, instrumentos aplicables (normativa) e historial de fiscalizaciones y procedimientos sancionatorios.
- **Registro de instrumentos**:
  - RCA: Esta sección presenta información relativa a las Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA) calificadas favorablemente. La RCA es un documento administrativo que se obtiene una vez culminado el proceso de evaluación de impacto ambiental, que coordina el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). Este documento establece las condiciones, exigencias o medidas que el titular asociado a un proyecto o actividad deberá cumplir durante su ejecución.
  - Registro de Planes de Prevención y Descontaminación Ambiental: Esta sección presenta información relativa a los Planes de Prevención y/o de Descontaminación. Los Planes de Prevención y/o de Descontaminación contemplan una serie de medidas de control, cuya finalidad es recuperar los niveles establecidos en las Normas de Calidad ambiental que correspondan. Su estructura depende de las fuentes que contribuyen en la calidad del medio.
  - Registro de Normas de Emisión: Esta sección contiene información relativa a las Normas de Emisión. Las Normas de Emisión establecen la cantidad máxima permitida para un contaminante, medida en el efluente de la fuente emisora.
  - Registro de Normas de Calidad: Esta sección contiene información relativa a las Normas de Calidad Ambiental. Las Normas de Calidad Ambiental establecen condiciones para proteger la salud de la población y el medio

ambiente. Existen dos tipos: Primarias y Secundarias; las primeras se enfocan en la salud de la población, mientras que las segundas en el medio ambiente.

- Registro de Programas de Cumplimiento: Esta sección contiene información relativa a Programas de Cumplimiento. Un Programa de Cumplimiento corresponde al plan de acciones y metas presentado por un infractor, para que dentro de un plazo fijado por la SMA, se cumpla satisfactoriamente con la normativa ambiental que se indique.

- **Programas y Subprogramas de Fiscalización**: Para llevar a cabo su función fiscalizadora, la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) elabora anualmente Programas y Subprogramas enfocados en los Instrumentos de Carácter Ambiental. Los Programas establecen el número de actividades de fiscalización ambiental que se ejecutarán en un año calendario, mientras que los Subprogramas establecen las actividades de fiscalización para cada organismo sectorial competente.
- **Instrucciones y Requerimientos de Carácter General**: Se presenta información relativa a las normas e instrucciones de carácter general que la Superintendencia del Medio Ambiente ha dictado en el marco de su potestad normativa, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de su Ley Orgánica.
- **Dictámenes contraloría general**:
  - Sentencia tribunales ambientales: Contiene las sentencias definitivas de los Tribunales de Justicia recaídas en juicios de carácter ambiental, de acuerdo a lo establecido en el artículo 31 de la Ley Orgánica de la SMA.
  - Casos en proceso en los tribunales ambientales
  - Otros casos judicializados en la Región del Maule.

Según el Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (snifa.sma.gob.cl), en la región se ha realizado un total de 1.649

fiscalizaciones ambientales[8]. Del total, el 43,3% corresponde a agroindustrias, y el 17,3% a proyectos de saneamiento ambiental. Un 31,5% de las fiscalizaciones realizadas no indica el tipo de proyecto fiscalizado, sin embargo, dentro de este margen se encuentran 40 fiscalizaciones a centros de cultivos hidrobiológicos, y el resto corresponde principalmente a agroindustrias.

Tabla 7-17. Fiscalizaciones ambientales realizadas en la región, por categoría del fiscalizado

Categoría	N° de Fiscalizaciones	%
Agroindustrias	714	43,3%
Saneamiento Ambiental	285	17,3%
Pesca y Acuicultura	31	1,9%
Forestal	58	3,5%
Infraestructura Hidráulica	33	2,0%
Energía	5	0,3%
Instalación fabril	3	0,2%
sin especificar	520	31,5%
TOTAL	**1.649**	100,0%

Fuente: Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental.

Del total de fiscalizaciones realizadas, el 18,8% se encuentra en la comuna de Curicó, y le siguen Molina, Teno y Romeral, con cerca del 10% cada una. El detalle se muestra en la Tabla 7-18.

[8] http://snifa.sma.gob.cl/v2/Fiscalizacion/Resultado# , sitio web consultado el 17 de octubre de 2016.

Tabla 7-18 Fiscalizaciones ambientales realizadas en la región, por comuna		
Comuna	**N° de fiscalizaciones**	**%**
Curicó	310	18,8%
Molina	171	10,4%
Teno	163	9,9%
Romeral	163	9,9%
Linares	112	6,8%
Talca	102	6,2%
San Javier	87	5,3%
Yerbas Buenas	66	4,0%
Retiro	58	3,5%
Pencahue	56	3,4%
Maule	54	3,3%
San Clemente	47	2,9%
Colbún	46	2,8%
Longaví	36	2,2%
Sagrada Familia	36	2,2%
Pelarco	33	2,0%
San Rafael	30	1,8%
Río Claro	28	1,7%
Cauquenes	27	1,6%
Licantén	22	1,3%
Constitución	2	0,1%
TOTAL	**1.649**	**100,0%**

Fuente: Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental.

Desde el punto de vista de los procesos de fiscalización, 233 fiscalizaciones concluyeron con un proceso sancionatorio, y 2 se encuentran en pre instrucción del mismo. Las sanciones corresponden principalmente a agroindustrias (176 sanciones, 75,5% del total), a saneamiento ambiental (38 sanciones, 16,3%), e infraestructura hidráulica (11 sanciones, 4,7% del total).

Tabla 7-19 Procesos de Fiscalización concluidos con sanción o pre instrucción		
Categoría	**Con sancionatorio**	**Derivada a pre instrucción**
Agroindustrias	176	1
Saneamiento Ambiental	38	1
Pesca y Acuicultura	2	0
Forestal	2	0
Infraestructura Hidráulica	11	0
Energía	0	0
Instalación fabril	4	0
sin especificar	0	0
Total	**233**	**2**

Fuente: Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental.

Las empresas con más de 1 proceso de sanción son las siguientes (24):

Tabla 7-20 Empresas con procesos sancionatorios en la región	
Empresa	**N° de sanciones**
Cerdos Pelarco	32
Riles viña y bodega Botalcura	27
Relleno sanitario Retamo	24
Riles al suelo mediante micro aspersores - Comercial Toro y Negroni	23
Riles Viña las Chilcas	13
Agrícola y comercial Andina s.a. (Curicó)	12
Drenaje frutícola Dosal - Frutícola Dosal	10
Agrícola e Industrial Top Berries S.A.	9
Carozzi	9
Riles bodega Pencahue	7
Unifrutti Traders Teno	6
Iansagro S.A. (Linares)	6
Riles Viña Concha y Toro Bodega Lontué	5
Riles Bodega San Javier	4
Agrícola Nova	4
Copefrut S.A. (Cenkiwi)	4

Tabla 7-20 Empresas con procesos sancionatorios en la región	
Empresa	**N° de sanciones**
Copefrut S.A. (Linares)	3
Riles Apfrut Ltda.	3
Curtiembre de Luis Rojas Diaz (Sector Numpay)	3
Copefrut S.A. (Romeral)	3
Andes Service S.A.	3
Santa Rita Lontué	2
Agrizano S.A.	2
Riles de Cenfrusol	2
Total	**216**

Fuente: Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental.

Las otras 17 sanciones corresponden a empresas con sólo 1 sanción cada una.

7.6. CAUDAL ECOLÓGICO Y AMBIENTAL

La Dirección General de Aguas, DGA, en coherencia con la disposición transitoria del artículo 9 del Código de Aguas, es responsable de aplicar la política sobre la conservación y protección de las aguas. En el contexto de dicha política, la definición de caudales ecológicos es una de las materias más importantes relacionadas directamente con el uso de fuentes de aguas superficiales.

En conformidad con las directrices de la minuta CDPRH-DGA N° 267/2011, que "Establece criterios y Metodología para la Determinación de Caudal Ecológico en el Marco del SEIA", la DGA tiene dos instancias de evaluación de caudales ecológicos: una a través del proceso de constituciones de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales (caudal ecológico mínimo), y otra a través de la evaluación ambiental de proyectos en el marco del SEIA (caudal ambiental).

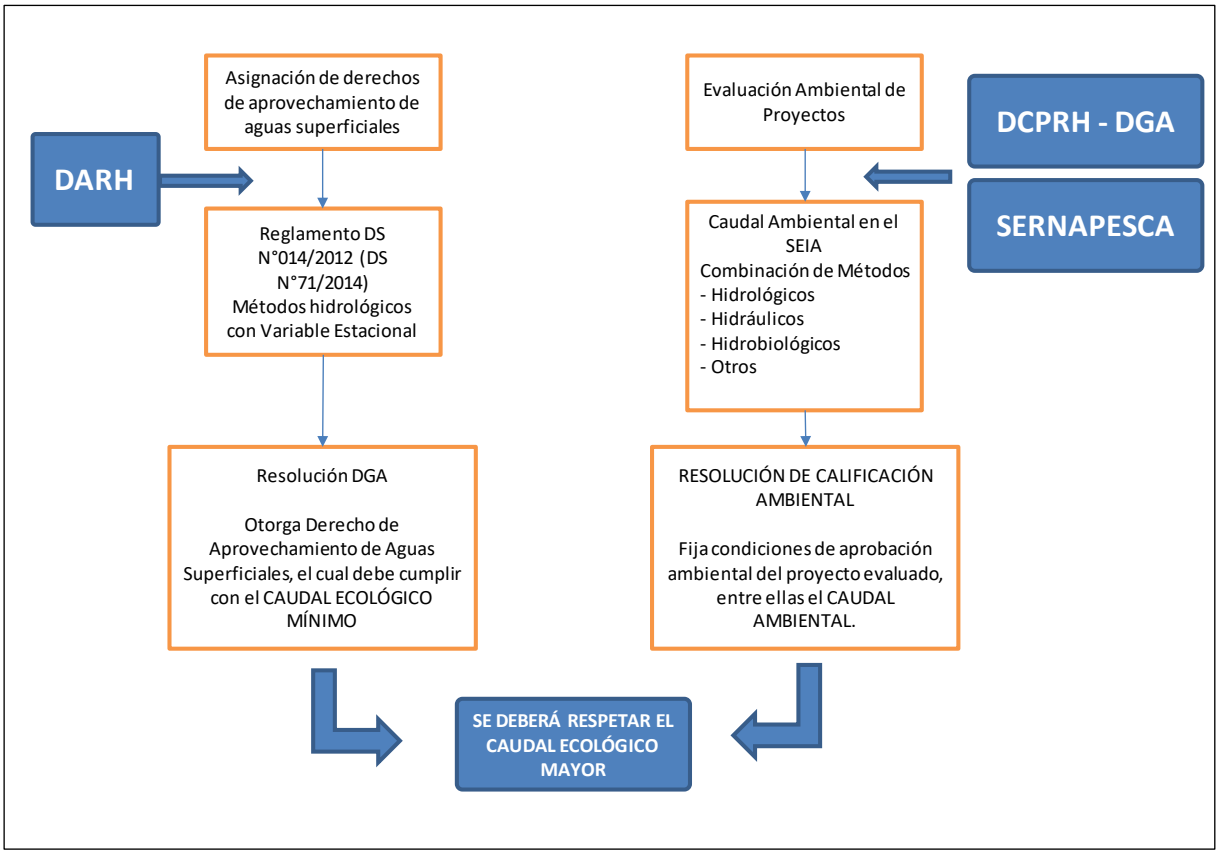
En lo específico, dentro de sus atribuciones sectoriales, la DGA debe establecer caudales ecológicos mínimos al momento de constituir derechos de aprovechamiento de aguas, de acuerdo a lo establecido en el artículo 129 bis 1[9] de Código de Aguas y en el DS N° 71/2014, que modifica el DS N° 014/2012 del Ministerio de Medioambiente, que aprueba el Reglamento de Determinación del Caudal Ecológico Mínimo.

Sin perjuicio de lo anterior, la DGA participa, junto con otros organismos competentes, en la evaluación de proyectos que se someten al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), siendo la evaluación y determinación de caudales un aspecto relevante en un gran número de casos, tales como centrales hidroeléctricas y embalses de riego, teniendo presente que dicho concepto es más amplio que el cálculo del caudal ecológico mínimo, y que tiene por objeto mitigar algún efecto adverso significativo sobre algún elemento del ecosistema.

En base a lo anterior, la atribución de la DGA queda definida por sus competencias sobre los recursos hídricos y su vínculo inseparable con otras componentes ambientales, debiendo velar por que se establezca un caudal ambiental que asegure la mantención de la cantidad de los recursos hídricos y de las condiciones hidráulicas del escurrimiento que propician el resguardo de los elementos del ecosistema, incluido el medio humano, que se hayan identificado como impactados significativamente por un proyecto o actividad en el marco del SEIA.

[9] Artículo 129 bis 1: "Al constituir los derechos de aprovechamiento de aguas, la Dirección General de Aguas velará por la preservación de la naturaleza y protección del medioambiente, debiendo para ello establecer un caudal ecológico mínimo, el cual sólo afectará a los nuevos derechos que se constituyan, para lo cual deberá considerar también las condiciones naturales pertinentes para cada fuente superficial".

Figura 7-1. Diagrama sobre caudal ecológico mínimo y caudal ambiental



Fuente: Dirección General de Aguas

7.6.1. Caudal ecológico

Se descargó la base de datos de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales y subterráneos concedidos en la región, desde el sitio web de la Dirección General de Aguas. Esta base de datos, en formato Excel, da cuenta de un total de 7.932 derechos. La tabla siguiente muestra la distribución de derechos de aprovechamiento de aguas de la región, distinguiendo entre aquellos con información suficiente (99,4%), superficiales y subterráneos (56% y 44% respectivamente), consuntivos, no consuntivos, y con y sin caudal ecológico. Las estadísticas se refieren al número de derechos de aprovechamiento, no al caudal otorgado.

Tabla 7-21 Cantidad de derechos de aprovechamiento de aguas concedidos en la región

Cantidad de derechos concedidos en la Región					
7.932					
Incompletos	**Completos (Cuenca y naturaleza del agua)**				
48 (0,6%)	7.884 (99,4%)				
	Subterráneos	**Superficiales**			
	3.461 (43,9%)	4.423 (56,1%)			
		Consuntivo		**No consuntivo**	
		3.820 (86,4%)		603 (13,6 %)	
		Sin Q Eco	**Con Q Eco**	**Sin Q Eco**	**Con Q Eco**
		3.507 (99,2%)	313 (0,8%)	59 (9,8%)	544 (91,2%)

Fuente: Elaboración propia a partir de derechos de aprovechamiento de aguas concedidos por DGA

De la tabla anterior se aprecia que la mayor parte de los derechos de aprovechamiento no consuntivos cuentan con asignación de caudal ecológico (90,2%), y en cambio sólo un 8,2% de los derechos de aprovechamiento cuenta con esta restricción.

En la tabla siguiente se presenta el detalle de los derechos de aprovechamiento superficiales otorgados para cada cuenca de la región, distinguiendo por uso (consuntivo y no consuntivo), y si tienen caudal ecológico asociado.

Tabla 7-22 Cantidad de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales concedidos por cuenca

Cuenca	No Consuntivo			Consuntivo		
	Total	Con Qeco	% con Q Eco	Total	Con Qeco	% con Q Eco
Rio Mataquito	193	187	96,9%	348	48	13,8%
Rio Maule	399	347	87,0%	3.263	196	6,0%

Tabla 7-22 Cantidad de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales concedidos por cuenca

Cuenca	No Consuntivo			Consuntivo		
	Total	Con Qeco	% con Q Eco	Total	Con Qeco	% con Q Eco
Costeras entre limite Región y R. Mataquito	0	0	---	15	4	26,7%
Costeras Rapel-E. Nilahue	0	0	---	10	4	40,0%
Costeras Mataquito-Maule	1	0	0,0%	38	9	23,7%
Costeras Maule y Limite Región	4	4	100,0%	145	52	35,9%
Rio Rapel	6	6	100,0%	1	-	0,0%
TOTAL	**603**	**544**	**90,2%**	**3.820**	**313**	**8,2%**

Fuente: Elaboración propia a partir de derechos de aprovechamiento de aguas concedidos por DGA

De tabla anterior se tiene que la mayor parte de los derechos de aprovechamiento de agua superficiales se concentran en la cuenca del Río Maule, y le sigue la cuenca del río Mataquito. Sin embargo, en el Maule la mayor parte de los derechos consuntivos no cuenta con asignación de caudal ecológico.

En complemento, se estimó el caudal ecológico a la salida de cada UPH, calculado como el 20% de los recursos del Año Medio (expresado en hm3/año). En la tabla siguiente se detallan los valores de disponibilidad hídrica de aguas superficiales que se han obtenido.

Tabla 7-23 Caudal ecológico estimado por UPH (hm^3/año)

Unidad de Planificación Hídrica	RRHH superficiales medios (parciales)	Caudal ecológico (20% RRHH medios)	RRHH superficiales (85% excedencia)
UPH-1	102,8	20,6	34,1
UPH-2	3.902,7	780,5	2.553,9
UPH-3	655,0	131,0	437,9
UPH-4	196,6	39,3	62,9
UPH-5	7.411,8	1.482,4	5.203,7
UPH-6	3.228,3	645,7	1.498,3

Tabla 7-23 Caudal ecológico estimado por UPH (hm³/año)			
Unidad de Planificación Hídrica	**RRHH superficiales medios (parciales)**	**Caudal ecológico (20% RRHH medios)**	**RRHH superficiales (85% excedencia)**
UPH-7	1.414,9	283,0	482,5
UPH-8	3.939,2	787,8	1.530,6
UPH-9	244,8	49,0	115,0
TOTAL REGIÓN	**21.096,1**	**4.219,2**	**11.919,0**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del CPA (DGA, julio 2016) y recursos incluidos en el capítulo 3: diagnóstico de Oferta-Demanda Hídrica

7.6.2. Caudal ambiental

De la revisión de los proyectos sometidos al Sistema de Evaluación de impacto Ambiental como Estudio de Impacto Ambiental, se presenta la Tabla 7-24 donde se indican los proyectos con caudal ecológico.

Tabla 7-24 Proyectos susceptibles de reservar caudales ambientales			
N°	**Nombre**	**Titular**	**Caudal ecológico (Si / No)**
1	Central Hidroeléctrica Los Hierros II, Obras de Generación y Transmisión	Empresa Eléctrica Portezuelo SpA	No
2	Central Hidroeléctrica Los Hierros	Empresa Eléctrica Aguas del Melado S.A.	Si
3	CENTRAL HIDROELÉCTRICA EMBALSE ANCOA	HIDROELÉCTRICA EMBALSE ANCOA SpA	No (pero sí se asigna al embalse asociado)
4	Central Hidroeléctrica Chupallar, Obras de Generación y Transmisión	Empresa Eléctrica Chupallar SpA	Si
5	Central hidroeléctrica Túnel Melado Obras de Generación y de Transmisión	Besalco Construcciones S.A	Si

Tabla 7-24 Proyectos susceptibles de reservar caudales ambientales			
N°	**Nombre**	**Titular**	**Caudal ecológico (Si / No)**
6	Proyecto hidroeléctrico ACHIBUENO	Hidroeléctrica Centinela S.A	No
7	Central Hidroeléctrica Embalse Bullileo	Bullileo SpA	Si
8	CENTRAL HIDROELÉCTRICA RÍO COLORADO	Hidroeléctrica Río Colorado S.A.	Si
9	Central Hidroeléctrica La Mina	Colbún S.A.	Si
10	Central Hidroeléctrica Los Cóndores	Empresa Nacional de Electricidad S.A. ENDESA (ENEL)	No
11	Central Hidroeléctrica Loma Alta	Pehuenche S.A.	No

Fuente: www.e-seia.cl

7.7. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones de este capítulo son las siguientes:

Biodiversidad

Desde el punto de vista de la biodiversidad en la región y su resguardo, la región del Maule se caracteriza por presentar tres áreas ecológicas claramente definidas que corresponden a los bosques precordilleranos, bosques costeros y humedales costeros, las cuales se encuentran separadas por el sector agrícola y forestal ubicado en el valle central.

Los bosques precordilleranos se encuentran resguardados principalmente por las áreas silvestres protegidas del Estado, Radal Siete Tazas, Altos de Lircay y Bellotos del Melado, entre otras. En los bosques costeros, donde se encuentran especies singulares como el ruil, la protección privada juega un rol relevante. En los humedales costeros, con fuerte influencia marina, existe un nivel de protección medio, con áreas relevantes protegidas como

la Laguna torca, pero con protección dispar en la serie de humedales que cruzan la totalidad de la región.

Impactos sobre el medioambiente

Desde el punto de vista ambiental los principales impactos sobre el medioambiente resultan de las tres industrias principales que operan en la región: agrícola, forestal e hidroeléctrica.

Los efectos de la actividad agrícola se manifiestan principalmente en las UPH 2, 3, 6 y 8, que corresponden al valle central. En este caso, además de la sustitución de las coberturas originales por cultivos, el desarrollo de la agricultura intensiva está asociada a la extracción de grandes cantidades de agua desde los cauces naturales (96% de los usos consuntivos de la región), aporte de fertilizantes y pesticidas, y su relación con las agroindustrias, que aporta grandes cantidades de residuos líquidos con elevadas cargas orgánicas.

La actividad forestal afecta principalmente por las tasas de sustitución de la vegetación original, lo que se desarrolló fuertemente entre 1975 y 1995, relegando los ecosistemas boscosos de la región a ciertos relictos. Sumado a esto, la actividad forestal resulta en alteraciones del ciclo hidrológico, aportes de sedimentos en momentos de cosecha por tala rasa, y la relación con la producción de pulpa y papel, en este caso en la cuenca del río Mataquito (UPH 3).

La generación hidroeléctrica se manifiesta principalmente en las UPH 5 (Maule Alto), 6 (Maule Medio y Bajo) y 8 (Loncomilla) y su principal impacto se observa en la regulación de los caudales en forma estacional e interanual. Esta regulación no sólo afecta la relación con otros usos locales, como la agricultura y la demanda de los ecosistemas acuáticos, sino que también la capacidad de dilución de los cauces naturales a lo largo del año.

En complemento, si bien la industria minera tiene un desarrollo menor en la región, existe un pasivo ambiental relevante en el tranque La Palma, en la UPH 6.

Gestión Ambiental

En la región existen 28 estudios de impacto ambiental aprobados en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, los que corresponden en su mayoría a proyectos de generación hidroeléctrica. Dentro de los impactos evaluados, los principales corresponden a la regulación del cauce, para lo cual se proponen medidas como el establecimiento de caudales ambientales, y la afectación de la calidad de las aguas.

En complemento, existen más de 600 proyectos aprobados como Declaración de impacto Ambiental, de los cuales la mitad corresponde a iniciativas de saneamiento, principalmente de agroindustrias. Esto se relaciona directamente con los esfuerzos de fiscalización en la región, concentrados en esta industria, y los procesos sancionatorios vigentes, que corresponden casi en su totalidad a esta actividad industrial.

8. DIAGNÓSTICO DE DESEMPEÑO ANTE EVENTOS EXTREMOS

8.1. EVENTOS EXTREMOS

8.1.1. Introducción

Chile es un país cuyo clima es complejo tanto por las grandes elevaciones de la cordillera de los Andes como por las corrientes oceánicas del Pacífico, lo que proporciona una gran variabilidad climática. La Cordillera de los Andes determina la heterogeneidad geográfica de Chile con tres grandes masas continentales: la cordillera de la costa, el valle central o región intermedia y la cordillera de Los Andes; así como cuatro grandes zonas en su desarrollo longitudinal de norte a sur: Zona Norte (Grande-Chico), Zona Central, Zona Sur y Zona Austral. La Región VII del Maule se sitúa en la Zona Central.

Esta configuración geográfica produce una gran variedad temporal y espacial de temperaturas y precipitaciones que favorece la generación de eventos extremos que se acrecientan por la presencia ocasional de una perturbación del sistema Océano-Atmósfera en el Pacífico Ecuatorial conocida como El Niño-Oscilación Sur (ENOS) que se presenta en dos fases: una cálida o positiva (El Niño) y otra fría o negativa (La Niña). Las variaciones del clima en Chile, de un año a otro, están en gran medida determinadas por la presencia del ENOS y los eventos extremos asociados a este, que causan grandes pérdidas económicas por sus impactos.

Las gestión del riesgo producido por estos eventos extremos, que persigue como objetivo la protección de las personas, de los bienes económicos y del medio ambiente, es uno de los aspectos fundamentales que debe abordar un país moderno en los procesos de planificación de sus actividades.

Chile participa intensamente desde hace unos veinte años en temas relacionados al Cambio Climático, principalmente relacionados a la mitigación. A pesar de que Chile no es considerado a nivel mundial un emisor relevante de Gases de Efecto Invernadero (GEI), ha ratificado acuerdos internacionales como la Convención Marco de las Naciones Unidas por el Cambio Climático (CMNUCC) el año 1994 y el Protocolo de Kioto el año 2006,

en los que se ha comprometido a realizar inventarios y seguimientos de las emisiones para evitar su aumento. Con respecto a los impactos del cambio climático, Chile, según el art. 4.8 de la CMNUCC, se considera un país altamente vulnerable frente al fenómeno de cambio climático ya que cuenta con áreas de borde costero de baja altura, áreas áridas, semiáridas y de bosques, susceptibilidad a desastres naturales, áreas propensas a sequía y desertificación, zonas urbanas con problemas de contaminación atmosférica y ecosistemas montañosos como las cordilleras de la Costa y de los Andes. A lo anterior se le suma la fuerte dependencia que tienen las principales actividades socioeconómicas del país al clima.

El 2008 el gobierno presentó su Plan de Acción Nacional al Cambio Climático (PANCC), en el cual se establecieron las principales líneas de acción en materia de vulnerabilidad y adaptación, entre las que se destaca la elaboración de Planes de Adaptación Sectoriales al Cambio Climático y un Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático que funciona como una estructura global en la cual se insertan, coordinan y toman coherencia las acciones propuestas en los planes sectoriales. En la actualidad Chile cuenta con una propuesta de Plan de Adaptación para el sector silvoagropecuario, la cual está siendo consultada públicamente y están desarrollándose o en proceso de desarrollo Planes de Adaptación para otros cinco sectores adicionales (biodiversidad, pesca-acuicultura, recursos hídricos, infraestructura y salud).

La Región del Maule está localizada entre los paralelos 34° 41’ y 36° 33’ de latitud sur, los meridianos 70° 20’ y 72° 45’ de longitud oeste y el océano Pacífico. El 2012 la población regional era de 968.336, con un 70% distribuida en el área urbana y un 30% en el área rural, su índice de ruralidad corresponde a un 32,9%, el cual dobla con creces el porcentaje nacional que es un 13,4%. Fuente: INE, año 2012. (DT060)

En el caso particular de la Región del Maule está ya dispone del Plan Regional de Emergencia, de la Dirección Regional de ONEMI Maule del Gobierno de Chile, de 2015.

El Plan Regional de Emergencia (EX070), es un instrumento operativo para la gestión de emergencias en el nivel regional. En este contexto potencia las capacidades preventivas a la par de las actividades de preparación y atención de emergencias y desastres, constituyéndose en un instrumento indicativo para la gestión descentralizada de acuerdo a las realidades particulares de riesgos y recursos en la Región del Maule.

El Plan Regional de Emergencia es uno de los pilares en la gestión integral de manejo de riesgos y reducción de desastres en la Región del Maule, como estrategia efectiva de coordinación, con un claro enfoque participativo, integrando instancias sectoriales, científico-técnicas, privadas, voluntariado y comunidad organizada, en los niveles regional, provincial y comunal.

El Plan fue desarrollado y corresponde su aplicación a la Dirección Regional de ONEMI Maule en coherencia con el Instrumento Indicativo para la Gestión Integral del Riesgo, Decreto N°156 de 12 de marzo de 2002, contextualizado al nivel regional.

Es un documento dinámico y flexible, que debe ser modificado y adecuado en forma permanente sobre la base del desarrollo de planes específicos en concordancia con las variables de riesgos identificadas en la Región.

El Plan Regional de Emergencia es un instrumento que contiene de manera ordenada y organizada los procedimientos, sistema de enlace, roles-funciones delimitadas y definición de recursos humanos, técnicos y financieros destinados al control de un accidente, emergencia, desastre o catástrofe y para ello arbitra medidas orientadas a la educación, entrenamiento y capacitación de la población, además de disponer de especialistas en protección civil para enfrentar de manera rápida, ordenada y segura, los problemas creados por:

- Terremotos y maremotos (tsunamis)
- Incendios de magnitud con riesgo de explosiones y/o contaminación.
- Incendios forestales de magnitud.
- Temporales, inundaciones, aluviones o aislamientos.
- Accidentes con gran número de víctimas.

- Interrupciones significativas de servicios vitales.
- Emanaciones de gases tóxicos o intoxicaciones masivas de la población.
- Derrame o explosión de sustancias químicas peligrosas.
- Accidentes y rescate en alta montaña.
- Epidemias y plagas.
- Sequías.
- Actividad volcánica.
- Problemas de radiación atómica.

La implementación del Plan Regional de Emergencia corresponde al Sistema Regional de Protección Civil en su conjunto, es decir, todos aquellos organismos, servicios e instituciones, tanto del sector público como privado, incluyendo a las entidades de carácter voluntario y a la comunidad organizada, bajo la coordinación de la Dirección Regional de ONEMI Maule.

El Centro de Alerta Temprana y Respuesta a Emergencias (CAT) opera desde el año 2000 con la función principal de vigilar permanente y sistemáticamente los escenarios de riesgo a nivel país, los 7 días de la semana y las 24 horas del día, para recabar y difundir la información disponible que pudiera generar una situación de emergencia o desastre. Su objetivo fundamental consiste en poseer un sistema de alerta a través del cual se vayan constituyendo según grados de prioridad los mecanismos funcionales existentes para enfrentar y coordinar la respuesta a situaciones de emergencia y desastres.

El proceso se desarrolla en base a la información proveniente de organismos técnicos que oficialmente asesoran a ONEMI (SHOA, SERNAGEOMIN, OVDAS, Instituto Sismológico de la Universidad de Chile, Dirección Meteorológica de Chile, DGA, entre otros). A partir de esta información se analiza la situación, previniendo escenarios posibles que pudieran ser provocados por un determinado fenómeno.

8.1.2. Marco legal

Para la gestión del riesgo de desastres[1], se dispone de la Ley del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres cuyo objetivo es el control de los factores de riesgo en la sociedad. A continuación se citan y describen brevemente algunos marcos legales que permiten una mayor integración y construcción de una visión integral de la gestión del riesgo de desastres en Chile.

Código de Aguas (DFL 1122/1981): Regula el uso de cauces, funcionamiento de organizaciones de usuarios de recursos hídricos, los estándares de construcción de obras hidráulicas. Faculta al Ministerio de Obras Públicas sobre la vigilancia de obras en cauces naturales de modo de evitar daños en obras de defensa, inundaciones o el aumento del riesgo de futuras crecidas. Exige el desarrollo de obras de mitigación. También regula la identificación de sequías y la atenuación de su impacto. Artículos 122 y 307 entre otros.

Ley Nº 19.525/1997 del Ministerio de Obras Públicas: Regula la planificación, elaboración de normativas y construcción de sistemas de evacuación de aguas lluvias, para permitir su fácil escurrimiento y disposición, impidiendo el daño que puedan causar a personas, viviendas e infraestructura urbana.

Ley 19.300 de Bases del Medioambiente: Considera la obligación de que determinadas obras de infraestructura e instrumentos de planificación territorial sean sometidos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), donde entre otras cosas, se solicita que los Estudios de Impacto Ambiental evalúen imprevistas situaciones de riesgo y propongan medidas de mitigación de existir peligro.

Ley 20.417 que reformó la Ley 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente: Considera nuevos instrumentos de gestión ambiental para el manejo de residuos y suelos contaminados, abordar el cambio climático,

[1] EX050, Política Nacional de Gestión de Desastres

favorecer y recuperar la conservación de recursos hídricos y ecosistemas, entre otras materias.

Ley Orgánica Constitucional sobre Gobierno y Administración Regional (Ley N°19.175): Asigna a los Intendentes, Gobernadores y al Gobierno Regional, la función de adoptar medidas para prevenir y enfrentar situaciones de emergencia o catástrofe en conformidad a la ley, además el desarrollar programas de prevención y protección ante situaciones de desastre, sin perjuicio de las atribuciones de las autoridades nacionales competentes.

Los fenómenos naturales comprenden una serie de artículos entre otros, relativos a los siguientes aspectos:

- Priorización y programación de las obras de encauzamiento y defensas ribereñas por las entidades de nivel nacional, gobiernos regionales y locales.
- Programas Integrales de Control de Crecidas, elaborados por la ONEMI-DGA en coordinación con las oficinas regionales de defensa civil, que deben ser incluidos en los planes de gestión de recursos hídricos de la cuenca. El programa integral de control de crecidas comprende el conjunto de acciones estructurales y no estructurales destinados a prevenir, reducir y mitigar riesgos de inundaciones producidas por las crecidas. Las acciones de prevención de inundaciones considera la identificación de puntos críticos de desbordamiento por la recurrencia de fenómenos hidrometeorológicos y eventos extremos.

8.1.3. Tendencia climática de la Región del Maule

La región del Maule es principalmente de clima templado cálido con estación seca de 4 a 5 meses (RH110).

Este clima se caracteriza por lluvias intensas que se concentran en invierno, alcanzando en esa época cerca del 75% de lo caído en el año, luego en primavera y verano no alcanzan a registrase más de 40 mm mensuales. En

altura, las precipitaciones son sólidas en invierno lo que permiten generar almacenamiento de agua que alimentan a los ríos en las estaciones estivales.

Las precipitaciones aumentan en el interior de la región, en la costa se registran unos 800 mm, aumentando hacia el interior alcanzando unos 1.000 mm en Linares. Las temperaturas medias anuales varían entre unos 13° y 15° C, observándose algunos sectores como Talca, con temperaturas mayores a las de Santiago en época de verano.

La cuenca del río Mataquito se encuentra bajo la influencia de un clima mediterráneo, es decir, existen al menos dos meses consecutivos del verano con déficit hídrico. Las variaciones pluviales sumadas a las diferencias térmicas que ocurren en la cordillera andina, especialmente en lo que se refiere a la amplitud térmica anual o continental, definen en su conjunto dos tipos bioclimáticos en la cuenca, estos son:

- Mediterráneo pluviestacional – oceánico: influyendo los sectores costeros, la Cordillera de la Costa, el Valle Central y los pisos inferiores de la Cordillera de los Andes, bajo los 2.000 msnm.
- Mediterráneo pluviestacional – continental: se encuentra en las zonas andinas altas por sobre los 2.000 msnm.
- Las características de continentalidad del interior (Valle Longitudinal y Precordillera) hacen que los contrastes térmicos sean más acentuados que en el litoral. La temperatura media anual es de 19° C, con una máxima de 30° C y una mínima de 7°C. El período seco es de seis meses y la precipitación promedio anual es de 740 mm.

8.1.4. Los eventos extremos a considerar

Los fenómenos naturales analizados son las inundaciones, sequías, deslizamientos y aluviones.

- ***Inundaciones***. Las grandes precipitaciones elevan el nivel de los ríos hasta superar la capacidad del cauce, provocando inundaciones que afectan la infraestructura urbana, agrícola y vial. En la sierra

predominan las inundaciones rápidas por desborde de ríos andinos caracterizados por fuertes pendientes y flujos hiperconcentrados. Se ha observado una fuerte vinculación entre el fenómeno El Niño y las inundaciones. El incremento del nivel de los ríos se produce en el último trimestre del año y alcanza su valor máximo a mediados del primer trimestre. Las inundaciones, pueden producirse por la reducción de la sección transversal del río, por colmatación, cambios abruptos en la dirección del flujo de las aguas e invasión de la llanura de inundación del río.

- ***Sequías***. Con carácter general, se puede considerar como la insuficiente disponibilidad de agua en una región, por un periodo prolongado, para satisfacer las necesidades del recurso hídrico en la zona. No obstante, puede enfocarse desde distintos aspectos y así se puede considerar la sequía meteorológica, agronómica o hidrológica, según la duración y efectos de la misma. La sequía produce importantes efectos para la salud pública, el medio ambiente y los sistemas productivos dependientes del agua y ha causado la pérdida de vidas humanas, el deterioro ambiental, incrementando incluso la posibilidad de incendios forestales y la destrucción de campos y cultivos, además de reducirse la producción hidroeléctrica.
- ***Remociones en masa (deslizamientos)***. Pueden producirse a causa de diversos factores como inestabilidad de taludes, sismo y deforestación, pero en la mayoría de los casos están combinados con la presencia de agua, producida por las precipitaciones de agua que saturan los suelos y debilitan su resistencia, lo cual si se encuentran condiciones estructurales favorables, como pendientes fuertes o deforestación, pueden dar lugar al deslizamiento del terreno. Los deslizamientos producen catástrofes pero sus consecuencias pueden ser muy graves si se ve afectada la población, o bien, si los daños se producen en las infraestructuras hidráulicas, en la infraestructura vial, o, si se produce la pérdida de cultivos y terrenos agrícolas. (Hauser, 1993 y 2000). En la región del Maule las remociones en masa suelen

ir acompañadas de fuertes precipitaciones concatenadas con movimientos sísmicos.

- ***Aluviones***. Son corrientes de lodos que se manifiestan con flujos rápidos y crecidas intempestivas de aguas turbias que arrastran, a su paso, materiales de distintos tamaños, desde suelos finos a grandes bloques de roca, desplazándose en los cauces de las quebradas y ocasionando desbordes y cambios de cauce en algunos casos. Las intensas precipitaciones, conjuntamente con la existencia de condiciones favorables como la presencia de suelos inestables, taludes debilitados y deforestación, son sus causas principales.

8.2. INUNDACIONES O CRECIDAS

8.2.1. Antecedentes Generales

En el Protocolo de ONEMI-DGA (EX030) se define crecida como "aumento importante del caudal o volumen de los ríos y lagos respectivamente". Son por lo tanto ascenso rápido del nivel del agua, generando caudales inusuales que cubren o llenan superficies de terreno que normalmente están secas. Se define inundación según la Red (2003) como "desbordamiento o subida de aguas, de forma rápida o lenta, sobre pequeñas áreas o vastas regiones, que supera la sección del cauce de los ríos o que se relaciona con el taponamiento de alcantarillas".

Los procesos de crecidas pueden suceder por varios factores, tales como lluvias intensas, pero también originadas con mayor gravedad, por colapso o desbordamiento de represas, canales y ríos, o afloramiento de aguas subterráneas. Las causas pueden ser naturales o antrópicas, es decir ocasionados por precipitaciones o por negligencias en la gestión hídrica de infraestructuras hidráulicas (INE, 2015[2]). Los temporales pueden provocar

[2] Instituto nacional de estadística INE, 2015, Informe de Medio Ambiente. Publicación, Chile

entre otros grandes inundaciones en pueblos y ciudades, produciendo en consecuencia fallas en la comunicación y energía, interrupciones en las vías de acceso y anegamientos (Salgado, 1976[3]).

El Instituto Nacional de Estadística destaca los eventos producidos por El Niño y la Niña (El Niño-Oscilación Sur, ENOS) que comprende consecuencias relacionadas con desastres naturales como marejadas, inundaciones, tormentas, entre otros. La presencia de El Niño, trae "el anticiclón subtropical del Pacífico" el cual se debilita en el sector oriental (frente a Chile), disminuyendo sus efectos en la zona central y norte chico del país, facilitando el desplazamiento de los sistemas frontales que provienen de la región oeste del Pacífico. Esta condición atmosférica aumenta la frecuencia de bandas nubosas frontales y las intensifica, generándose así una mayor cantidad de precipitaciones" (DMC, 2008).

El control y gestión de las inundaciones, crecidas y aluviones están en coordinación entre diversas administraciones (DGA, DOH, ONEMI, Gobierno Regional, Municipalidades, etc.)

Efectos de las inundaciones

Las inundaciones generan efectos sobre las superficies de las cuales se apropia, entre estos se encuentran:

- Daños a la infraestructura vial e inmuebles de uso
- Daño a viviendas
- Pérdidas de vidas humanas y de animales
- Pérdidas económicas derivadas de pérdidas de cosechas
- Erosión de suelos. Por la remoción de los suelos por arrastre del flujo
- Embancamiento de suelos (depósito de sedimentos) por transporte de materiales desde aguas arriba.

[3] Salgado, H. 1976. Estudio y análisis probabilístico de los principales temporales ocurridos en Chile a partir del año 1941. Tesis Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 303

La Región del Maule tiene una alta vulnerabilidad ante desastres de crecidas de ríos, esteros y canales. Las zonas con riesgos por inundación están principalmente ubicadas en el valle central o curso medio de los ríos y tienden a agruparse en torno a las confluencias de los grandes cauces regionales. El evento más grave a nivel Regional y Nacional se localizó en Río Mataquito en el 2008.

Atribuciones de la Dirección General de Aguas en el control de crecidas

Existen tres atribuciones de la DGA en el ámbito de gestión de crecidas. Las atribuciones se especifican en el Articulo 299 del Código de Aguas, además de los artículos 204 y 305 relativos a acciones ante crecidas.

La primera es mantener y operar el servicio hidrométrico nacional, proporcionar y publicar la información correspondiente.

La segunda, es que puede declarar a cualquier embalse como Embalse de Control, según la ley 20.304.

La tercera atribución tiene que ver con ejercer vigilancia de las aguas según la Ley 20.017 de los cauces naturales, atribuciones de fiscalización relacionadas con el control de crecidas.

8.2.2. Red de Alerta de Crecidas

Una de las funciones de la DGA es la difusión de la información generada por su Red Hidrométrica. Tiene la capacidad de planificar, coordinar y ejecutar las actividades destinadas a prevenir o solucionar las causas provocadas por crecidas, como inundaciones de poblaciones rurales. El Protocolo ONEMI-DGA establece unos objetivos para prevenir y mitigar situaciones ante eventos extremos (EX030).

- Definir un procedimiento con instrucciones y normas que aseguren la confiabilidad de los datos y la adecuada canalización del flujo de información en situación de emergencia.
- Fijar las acciones y responsabilidades que corresponden al campo de acción de la DGA (División de Hidrología) y Oficinas Regionales DGA y

ONEMI, en la operación, uso e interpretación de los antecedentes generados por la red hidrométrica, especialmente satelital, ante situaciones de emergencia producidas dentro y fuera de las horas habituales de trabajo, que permitan dar una adecuada información a las autoridades y al Sistema de Protección Civil y de esta forma prevenir el riesgo de daño a la población producidos por eventos meteorológicos de magnitud importante.

- Definir niveles de responsabilidades frente a las medidas y decisiones a tomar dentro del proceso de alerta de crecidas de lagos y ríos.
- Establecer la guía, procesos y responsabilidades correspondientes a cada entidad a fin de informar a la población en caso de un eventual riesgo de inundación por crecidas de aguas, en el menor tiempo que sea posible.
- Establecer los criterios de comunicación de las instituciones frente a la ocurrencia de inundaciones por crecidas de ríos y lagos, considerando los aspectos de contexto, flujo de información y vías de comunicación, con el propósito de salvaguardar la vida humana en el territorio chileno.

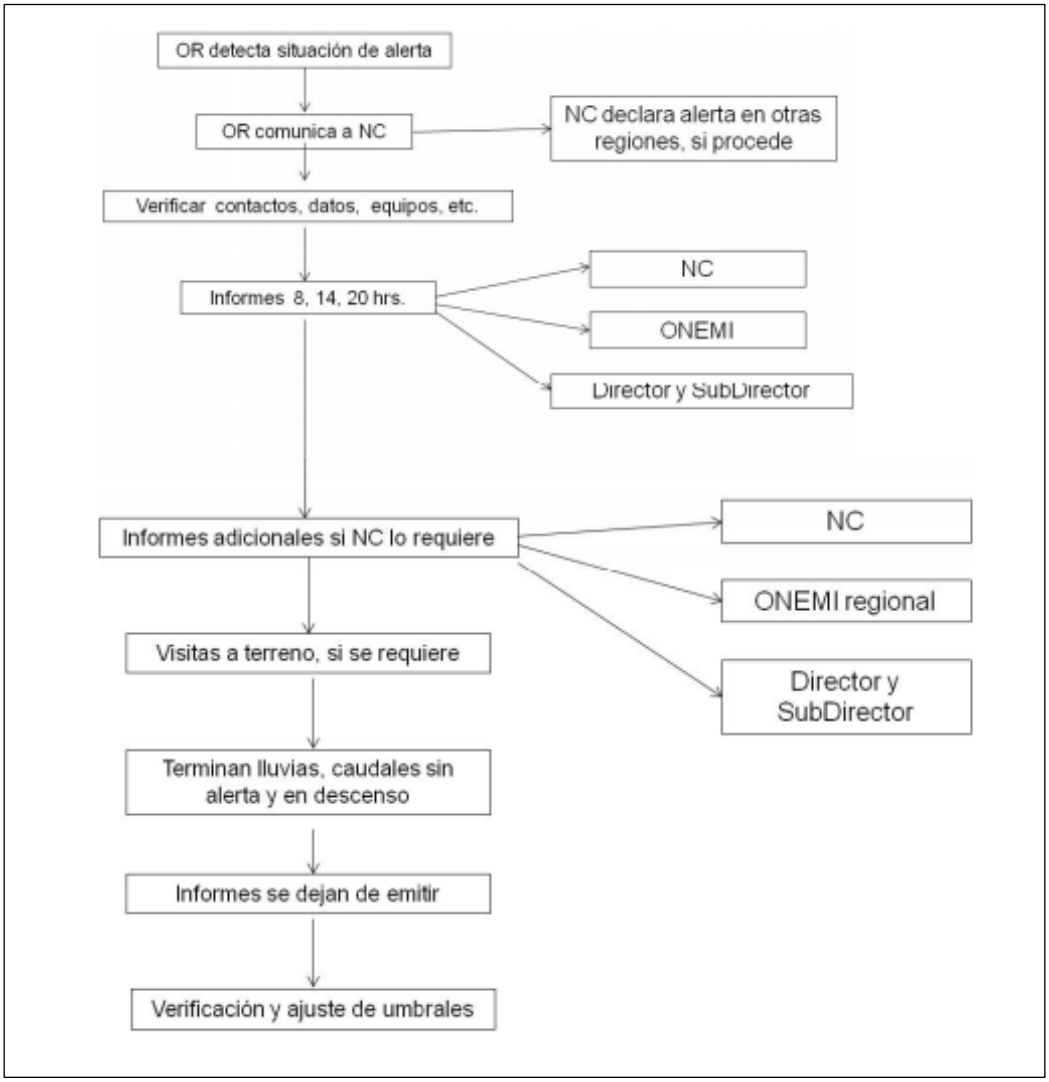
Para la definición de alerta de crecidas se definen 3 tipos de niveles según el Protocolo ONEMI-DGA:

- Alerta Azul: Indica una situación de preparación ante la eventualidad que las precipitaciones y/o caudales superen el umbral de riesgo.
- Alerta Amarilla: Caudal con clara tendencia a subir y pronóstico meteorológico desfavorable
- Alerta Roja: Caudales con amenaza directa a sectores poblados e infraestructura, que implica acciones tales como evacuación, defensas, disponibilidad de recursos humanos, maquinaria y equipos.

El sistema considera la comunicación de las oficinas regionales, el nivel central y la ONEMI. En la Figura a continuación, se muestra los niveles de organización de la DGA según el Taller sudamericano de Gestión de Riesgos

y catástrofes para la temática de Sistemas de Alerta de Crecidas de la Dirección General de Aguas.

Figura 8- 1 Organización de la DGA en Sistemas de Alerta



Fuente: Taller DGA, 2012. Taller Sudamericano de Gestión de Riesgos y Catástrofes "Sistema de Alerta de Crecidas de la dirección general de Aguas".

8.2.3. Herramientas de Gestión de Crecidas

La DGA tiene instrumentos y herramientas de gestión en base a sus funciones a nivel regional y nacional. Las herramientas de gestión se pueden dividir en grupos para las atribuciones de la DGA. Primero, sistema de emergencia y alerta de crecidas lideradas por la División de Hidrología a nivel central y regional. Segundo, labores de fiscalización como policías del agua. Tercero, relación con otras instituciones que da distintos instrumentos para la gestión, como el caso del Protocolo de la ONEMI-DGA. Y finalmente, instrumento de gestión con los usuarios del agua.

En la tabla siguiente se sintetizan los instrumentos para la gestión de crecidas.

Tabla 8-1 Acciones y Planes para Control de Crecidas e Inundaciones del Maule

Acciones/Planes	Instrumento y Descripción
Alerta de Crecidas	- Sistema de Alertas de Crecidas 1988 - Protocolo ONEMI-DGA
Embalses de Control de crecidas	- Protocolo "Entrega de Información y Comunicación de Declaratorias de Alerta de Crecidas y Otras Medidas Para la Ley de Embalse N° 20.304"
Labores de Fiscalización	- Fiscalización DGA vinculadas con el incumplimiento del Código de aguas, así como cierre de bocatomas y obras no admisibles en cauces naturales y artificiales.
Plan Maestro de Aguas Lluvias	- Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. 2000. Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias Talca, - Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. 2002. Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias Curicó - Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. 2002. Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias Linares - SIGA Ingeniería y Consultoría S.A. 2008. Implementación de un Sistema De Información Geográfica Para la Gestión del Plan Maestro De Aguas Lluvias de Talca - Luis Arrau del Canto. 2010. Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias Constitución.

Tabla 8-1 Acciones y Planes para Control de Crecidas e Inundaciones del Maule

Acciones/Planes	Instrumento y Descripción
Planes Maestro de Cauces	- Prisma Ingeniería Ltda. 2003. Plan Maestro de Manejo de cauces cuenca Rio Mataquito(UPH 3 y 2) - AC INGENIEROS CONSULTORES LTOA, Ayala Cabrera y Asociados Uda. 2004. Plan Maestro de Manejo de cauces cuenca Rio Maule (UPH 6 en su mayoría) - Prisma Ingeniería Ltda. 2006. Plan Maestro de Manejo de Cauces Rios Longaví Y Achibueno. Región del Maule.(UPH 8)
Riesgos de Inundaciones	- ONEMI, 2009. Informe Plan Comunitario de Respuesta por desborde Rio Maule Comuna de Constitución, Región del Maule - Gestión Regional Plan Invierno 2016 - Plan Regional de Emergencia 2015 - Planes comunales y provinciales de emergencia
Boletín DMC	Boletín de tendencias climáticas estado actual del ciclo el Niño-la Niña y pronóstico climático para Chile: El pronóstico climático regional a través del Boletín de Tendencias Climáticas está destinado a proporcionar una estimación cualitativa de las precipitaciones y temperaturas que ocurrirán en el trimestre siguiente en las distintas zonas del país. Esta información facilita la planificación de mediano plazo de muchas actividades productivas nacionales, como agricultura, recursos energéticos e hídricos, salud, turismo, deportes invernales, etc. y ayuda a la adopción de medidas de prevención ante catástrofes naturales relacionadas con el tiempo atmosférico.
Instrumentos de Planificación y ordenamiento Territorial	- Planes Reguladores Comunales(PRC) - Plan de Desarrollo Comunal (PLADECO) - Plan de Ordenamiento Territorial (PROT)

Fuente: Elaboración Propia

Labores de fiscalización relacionado con el control de medidas

Las atribuciones y funciones de la DGA relevantes a la fiscalización se establecen en el artículo 299 letras c y d del Código de Aguas. La DGA debe ejercer la policía y vigilancia de las aguas en cauces naturales de uso público

e impedir que en estos se construyan, modifiquen o destruyan obras sin la autorización previa de la Autoridad y se extraigan aguas de los mismos cauces, sin título o en mayor cantidad de lo que corresponda.

Tabla 8-2 Labores de fiscalización relevantes al control de crecidas

MATERIAS DE FISCALIZACIÓN	ARTÍCULOS EL CÓDIGO DE AGUAS	DESCRIPCIÓN
1. Obras en cauces naturales y artificiales	Art. 30: los cauces naturales son de uso público Art. 41: las construcciones que modifiquen un cauce natural o artificial requieren autorización de la DGA Art. 299 letra c: vigilancia de los cauces naturales de uso público e impedir modificaciones sin previa autorización	Permite vigilar modificaciones de los cauces que cambien su comportamiento frente a crecidas, como por ejemplo extracción de áridos
2. Falta de limpieza de canales y acueductos	Art. 91: limpieza de acueductos Art. 92: limpieza de canales	En el periodo de precipitaciones los canales que son utilizados como colectores de aguas lluvias deben estar limpios para evitar desbordamientos en las crecidas
3. Desbordamiento canales	Art. 305: La DGA puede exigir la construcción de obras complementarias a cargo del propietario Art. 306: aplicación de multas asociadas al artículo 305	Permite la construcción de obras complementarias a las realizadas por el Estado para el control de crecidas
4. Cierre de bocatomas	Art. 304: Vigilancia de tomas de cauces naturales para evitar las crecidas Art. 306: aplicación de multas asociadas al artículo 304 Art. 307: Inspección de obras mayores por parte de la DGA	Manejo oportuno y coordinado de las tomas de los cauces naturales para el control de las crecidas

Fuente: Elaboración propia en base al Código de Aguas

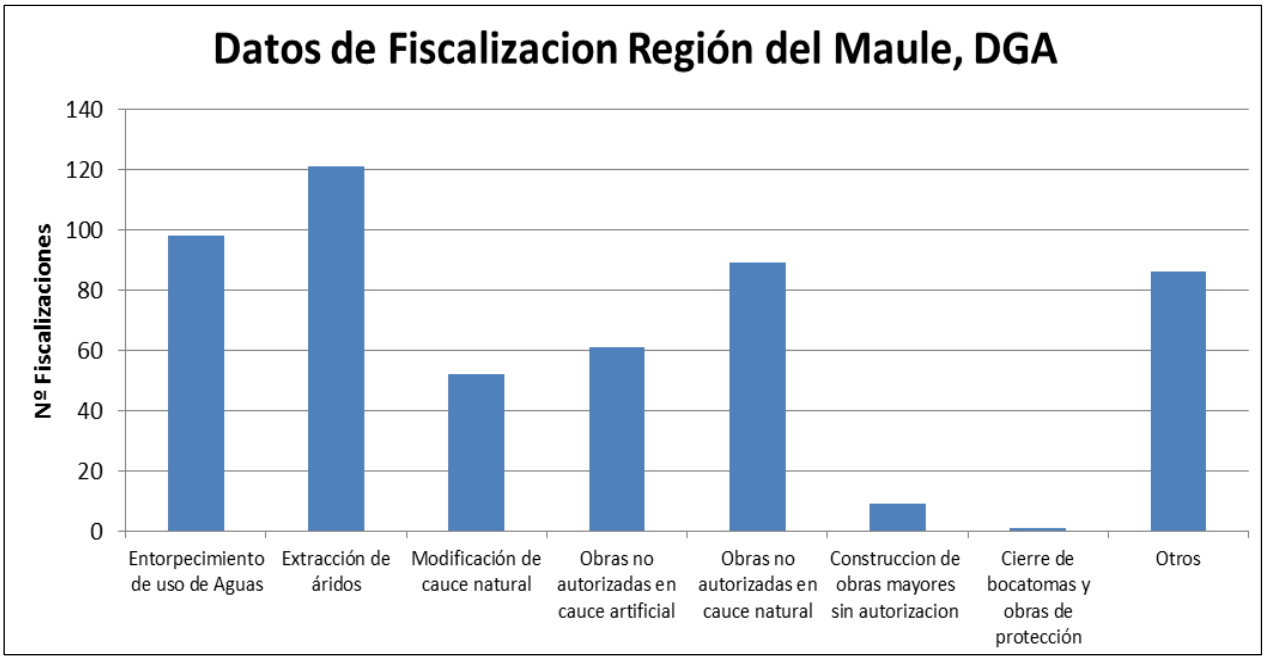
No se considera una relación directa entre la fiscalización de los puntos anteriores, y la gestión de las inundaciones. Sin embargo, se considera importante la vigilancia de los cauces y fuentes naturales para la prevención y mitigación de riesgos de inundación. Se obtuvieron las infracciones relacionadas con crecidas en un periodo de tiempo de 8 años, entre 2009-2016, aportadas por la DGA.

Tabla 8-3 Total de infracciones por tipo entre 2009-2016 por la DGA

Tipo de Infracción Indicada en la denuncia o formulario de inspección	Total
Entorpecimiento de uso de Aguas	98
Extracción de áridos	121
Modificación de cauce natural	52
Obras no autorizadas en cauce artificial	61
Obras no autorizadas en cauce natural	89
Construcción de obras mayores sin autorización	9
Cierre de bocatomas y obras de protección	1
Otros	86
Total general	517

Fuente: Elaboración propia en base a datos solicitados a DGA, 2016.

Gráfico 8-1 Infracciones relevantes al control de crecidas fiscalizadas por la DGA entre 2009-2016



Fuente: Elaboración propia en base a datos solicitados a DGA, 2016.

En el periodo estudiado, la extracción de Áridos con el 24% de las infracciones fiscalizadas por la DGA referentes al Control para eventos extremos es la de mayor importancia. Las obras en cauces naturales y artificiales están en segundo orden de importancia. Dichas infracciones varían la naturaleza morfológica de los cauces, provocando variación de las zonas inundables, alterando el régimen de arrastre y sedimentación en eventos de crecidas.

8.2.4. Antecedentes en la Región del Maule

La Región está expuesta al riesgo de inundaciones debido a las crecidas de los ríos y esteros, anegamiento de los sistemas de drenaje en zonas urbanas y afloramiento de napas. Se pueden diferenciar dos situaciones de riesgo, primero zonas urbanas y pobladas y segundo zonas agrícolas. En las zonas urbanas puede producirse por el desbordamiento de los cauces, esteros o

canales que atraviesan la cuidad y además por una falta de sistema de drenaje y evacuación de aguas lluvias ante un evento de intensas lluvias.

Se encuentran registros en los Planes de Desarrollo Comunal (DT090), Planes Reguladores Comunales (DT085), ONEMI, la RED (2016), (EX130), http://www.desinventar.org/es/ entre otros.

La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres registra 82 eventos de los cuales 50 son de inundaciones, 21 de lluvias intensas, 3 de avenidas torrenciales y 1 de aluviones. Se destaca el evento de crecida por fusión nival en el año 1980 en las Comunas de Talca con 9 muertos por inundaciones por crecida del Rio Maule. El periodo estival del invierno de 1980 fue especialmente rico en precipitaciones níveas en la alta cordillera.

La ONEMI Región del Maule cada año formula un informe de Gestión Regional Programa Estacional Invierno 2016 (EX140). Este informe se formula con antecedentes de predicción climática estacional para la temporada estival de invierno. Se basa en predicciones de la precipitación acumulada y temperaturas extremas. El Plan cubre el 100% del territorio de la Región, obteniendo un total de 487 puntos críticos de los cuales 214 son por "desbordes de Agua", 158 por "anegamientos"

En la región se evaluó actuar en 163 puntos con actividades de mitigación para puntos de evaluación con "muy alto riesgo". Entre las actividades valoradas se encuentran:

- Limpieza lecho, estero, río, canal
- Mejoramiento colectores, desagües y evacuación aguas lluvias
- Defensa fluviales y/o construcción de gaviones
- Contención de laderas
- Mantenimiento de rutas
- Construcción de diques y/o estructuras ante crecidas
- Limpieza de piscinas decantadoras
- Otras medidas de mitigación

Los puntos se distribuyen: 59 para la provincia de Curicó, 42 para la provincia de Linares, 39 para la provincia de Talca y 26 para la provincia de Cauquenes.

A continuación se realiza un análisis por UPH según los antecedentes recopilados en los distintos PRC(DT085), PLADECO(DT090) y otros informes técnicos de la DGA (EX027), (EX032) Atlas del Agua.

Tabla 8-4 Análisis por UPH de antecedentes recopilados

UPH	Descripción de antecedentes
1	Sin información
2	El PRC de Curicó indica que no existen problemas graves por inundación. La comuna de Romeral está calificada en el Plan de Invierno como una de las comunas con mayores puntos críticos (38).
3	Riesgo de inundación por el cauce del Río Mataquito afectando a la ribera, se sugiere la protección de esta con obras de protección. Estas inundaciones provocan la pérdida de la capacidad de los suelos debido a las crecidas. Tsunami de 2010 y la inundación del Rio Mataquito del año 2008. - Áreas de riesgo de inundación por desbordes de cauces naturales. Incluye toda la zona inundable por el Río Mataquito en el año 2008. - Área de riesgo de inundación por tsunami. Se estimó la zona de amenaza con un 95% de probabilidad de inundación que se corroboró con el Tsunami de 2010. - Área de riego por anegamiento. Corresponde a las áreas bajas de Licantén en las cuales, por estar bajo la cota del terraplén del antiguo ferrocarril y tener mal drenaje, se acumulan aguas lluvias.
4	Sin información
5	Sin información
6	Las zonas con riesgo por inundaciones están principalmente ubicadas en el valle central o curso medio de los ríos y esteros, agrupándose en torno a las confluencias de los grandes cauces. El rio Claro se desbordo hace más de 45 años por la ribera sur-oriente, afectando a una importante área del sector poniente de la cuidad de Talca. Desborde, en sector de Chequén, afectando plantaciones de frutales, terrenos agrícolas. Quiñipeumo, Monte Alegre, San José de Duao, riesgo de salirse el cauce en periodo de grandes crecidas e inundar sectores agrícolas y poblados, afectando a unas 100 personas. La solución adoptada para la comuna del Maule es la limpieza de canales de regadío.

Tabla 8-4 Análisis por UPH de antecedentes recopilados	
UPH	**Descripción de antecedentes**
	Se hace necesario un plan de limpieza y canalización de esteros, canales y ríos como el Lircay, que están sucios. El Plan de invierno 2016 señala las comunas de Longavi, San Clemente y San Rafael como comunas con mayores puntos críticos.
7	Cauquenes es afectado por crecidas de los Rios Tutuvén y Cauquenes. Se identifican cuatro áreas por inundación en la localidad de Cauquenes, estas son: José Toribio Merino, Cauquenes, Santa Rosa, Pinochet, los cuales presentan problemas de colectores con bajo tiraje de evacuación para evacuar aguas lluvias y acumulación de sedimento en receptores en la intercesión de escurrimiento de aguas superficiales. Parral no cuenta con una red de evacuación, solo cuenta con pequeños colectores que solucionan problemas locales, proponiendo el PLADECO de Parral un mejoramiento de aguas lluvias para la localidad.
8	Inundaciones por desborde de canales de regadío, dañando terrenos agrícolas, viviendas, alcantarillados y produciendo interrupciones de agua potable y electricidad en la comuna de Linares. En la comuna de Linares se opta como solución la limpieza de canales de regadío, canal Chivato. EL PLADECO de Villa Alegre y Linares adjunta una imagen con las zonas de inundación por los ríos Maule, Longaví, Putagán, Lircay, Achibueno y Loncomilla
9	Zonas de riesgo debido a desborde de cauce, anegamientos, Tsunami, Avalancha, Aluviones, y Erosión Acentuada

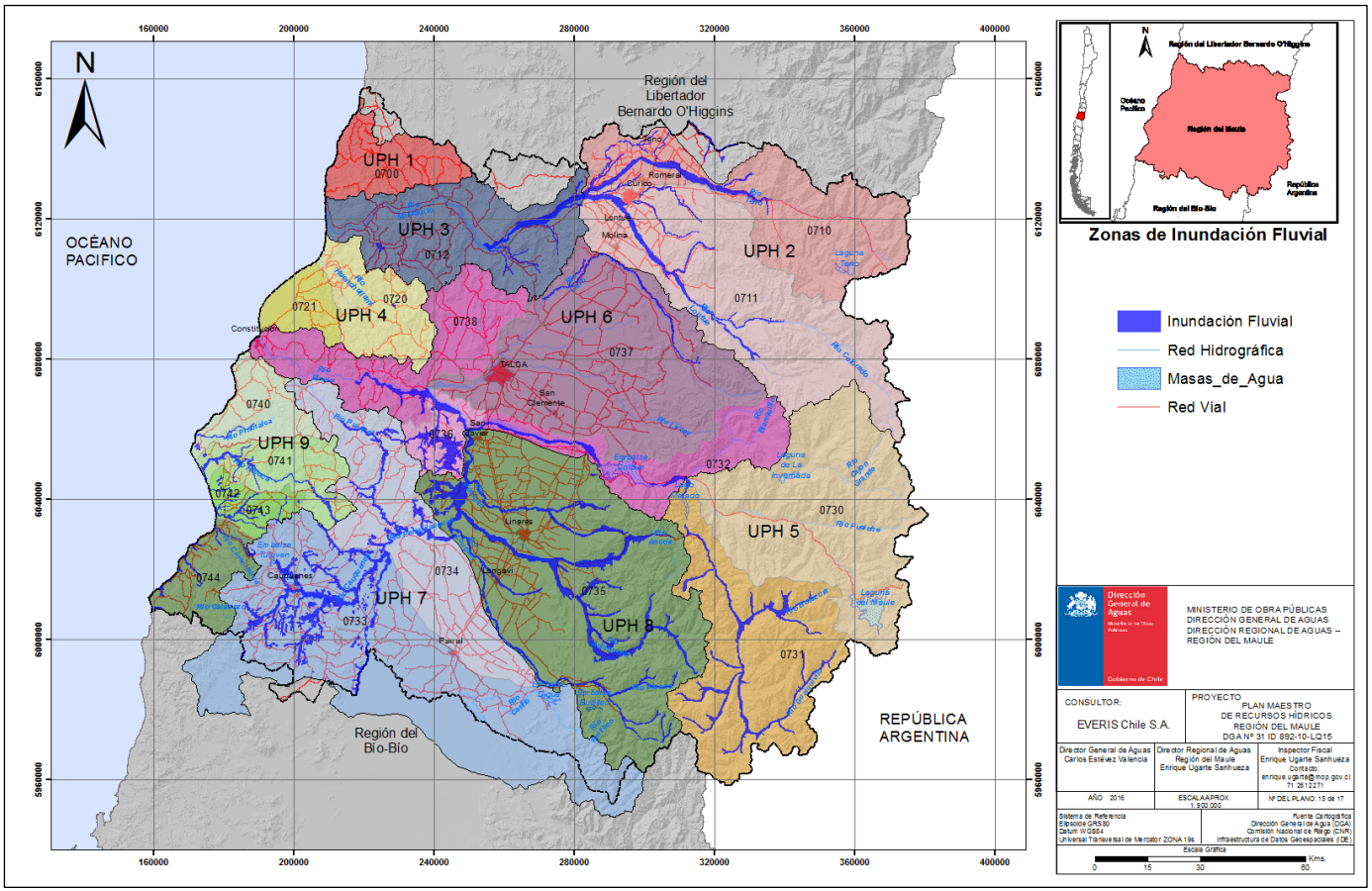
Fuente: Elaboración Propia

Gestión de Inundaciones en zonas Urbanas y Rurales

Se obtuvo información de los problemas críticos de inundaciones en los Planes Maestro de Manejo de Cauces, en los cuales se sectorizan y priorizan las zonas más afectadas por inundaciones obteniendo un análisis referenciado en mapas de inundaciones de las diferentes riberas de los cauces.

En el Mapa siguiente se aprecian las zonas de inundación elaborado por la Unidad de Gestión de Información Territorial, Unidad de Planificación y Desarrollo Regional. GORE Maule. Se observa mayor vulnerabilidad en las cuencas medias del Maule y Mataquito, y unión del Rio Perquilauquén, Loncomilla y Putagán (ver Anexo 2-7-2, “Zonas de Inundación”)

Figura 8- 2 Susceptibilidad Fluvial de inundación



Fuente: Elaboración Propia en base a los datos ofrecidos por el Gobierno Regional Maule, 2013

El análisis se comprende por área de estudio de los Planes de Manejo de Cauces:

a) Cuenca Rio Maule

Para el siguiente punto se analizó el Plan Maestro de Manejo de Cauces Cuenca Río Maule de la Dirección de Obras Hidráulicas. Se obtienen áreas con problemas asociadas a la caracterización hidrológica de cada tramo analizado. El estudio presenta la caracterización hidrológica y mecánica por tramos obteniendo problemas de control de crecida y manejo de los cauces, planificación urbana, explotación comercial de los cauces.

Los problemas asociados al paso de crecidas por los cauces se distinguen:

- Desbordes e Inundaciones
- Erosiones del Lecho y Riberas
- Embancamiento

En la tabla "Problemas de Inundación Rio Maule" del anexo 2-7-2, se incorpora la información de los problemas identificados por desbordes e inundaciones. Para una mejor identificación de las zonas se incorpora el plano de inundación anexo 7. "Inundaciones PMMCC Maule".

Los desplazamientos de sedimentos es un comportamiento normal que puede originar problemas tras el paso de crecidas. Estos problemas son delicados en zonas de asentamiento urbano e infraestructuras públicas y privadas. Los problemas afectan mayoritariamente a suelos agrícolas.

En el río Maule los problemas de erosión corresponden a los sectores de San Ignacio y Orilla del Maule, así como Quiñipeumo y Montealegre, en el tramo de aguas arriba de la Ruta 5. En el río Loncomilla los tramos con mayores problemas corresponden a los ubicados en los sectores de Melozal Sur y Marimaura.

b) Rio Archibueno y Longaví

Para el siguiente punto se analizó el Plan Maestro de Manejo de Cauce Longaví y Achibueno de la Dirección de Obras Hidráulicas. Se efectuó un

diagnóstico de los respectivos cauces en base a antecedentes recopilados y levantamiento de información en terreno. Los sectores críticos se detectaron en los tramos medios y bajos de los cauces.

Principalmente se detectan problemas en zonas urbanas ya agrícolas. Se detalla el origen de los problemas en la siguiente tabla:

Tabla 8-5 Origen de los Problemas por Inundación Rio Achibueno y Longaví

Sector	Origen Problema			
	Desborde	Erosión Ribera	Extracción Áridos	Bocatomas
RÍO ACHIBUENO RIBERA DERECHA				
Sector Puente Sifón	X	X		
Sector Palmilla Bajo	X			
Sector Palmilla	X		X	Canal Unión Palmilla
Sector Los Medeles – Maitenes		X	X	
Sector Los Remolinos	X			Canal González Encina
Sector Fundo Patagual	X			
Sector Huapi Bajo	X			
Sector Huapi Alto	X			
Sector Llancanao – Pichirrincón	X			Canal El Almendro, Canal La Cañada (Río Ancoa)
Sector Llepo	X			
Sector El Peñasco - Bajo El Nabo				Canales Peñasco Unificado y Peña Gallegos
Sector Vega de Salas – Recova	X			
Sector Carrizal	X			
Sector Pejerrey		X		
Sector Juan Amigo		X		

Tabla 8-5 Origen de los Problemas por Inundación Rio Achibueno y Longaví

Sector	Origen Problema			
	Desborde	Erosión Ribera	Extracción Áridos	Bocatomas
RÍO ACHIBUENO RIBERA IZQUIERDA				
Sector Bodega	X			
Sector Huimeo – Llollinco	X			
Sector Rincón de Achibueno				Canales Tapia, Cuellar, Álvarez y Pica - Loyola
Sector San Gabriel	X			Canal Tapia
Sector Las Motas	X			Canales Ulises, Bodega y San Gabriel
Sector Refugio		X		Mal manejo
Sector Isla Grande	X		X	Canal Isla Grande
Sector La Puntilla				Canales Cuarta Mesamávida, Tapia Vásquez, San Luis y Castro
RÍO LONGAVÍ RIBERA DERECHA				
Sector Bodega	X			
Sector San Ramón	X			
Sector Paso Cuñao		X		
Sector La Junta	X			
Sector Villa Longaví		X		
Sector La Conquista	X		X	
Sector Paine	X	X		
Sector Paihuén - Las Mercedes				Pretiles de bocatomas
Sector Lomas La 3era	X			
Sector La Quinta del Longaví	X			
Sector Sexta de Longaví	X			
RÍO LONGAVÍ RIBERA IZQUIERDA				
Sector Mantul	X			

Tabla 8-5 Origen de los Problemas por Inundación Rio Achibueno y Longaví

Sector	Origen Problema			
	Desborde	Erosión Ribera	Extracción Áridos	Bocatomas
Sector Cuñao	X	X		
Sector Santa Adriana	X			
Sector El Lucero	X			
Sector Los Maitenes				Canal Los Maitenes
Sector El Progreso	X			
Sector Santa Inés				Canal Retiro
Sector Santa Delfina	X			
Sector Quillaimo	X			
Sector Las Camelias Norte	X			
Sector La Orilla	X			

Fuente: DOH, 2006. Plan Maestro de Manejo de Cauce Longaví y Archibueno.

Se producen desbordes y erosión de las riberas por condiciones naturales de los ríos, siendo vulnerables a ser superados por crecidas eventuales. Se observa una deficiencia en las obras de defensa fluvial como origen de estos problemas a igual que la infraestructura de las bocatomas. Además se detallan en el anexo 4 "Inundaciones PMCC Long-Achib", como Planos de Inundaciones para dichos cauces.

c) Cuenca Mataquito

Para el siguiente punto se analizó el Plan Maestro de Manejo de Cauce Rio Mataquito. Se entregó las zonas urbanas y agrícolas, los sectores cítricos identificados que presentan mayores riesgos frente a eventos extremos de crecidas priorizado en tres niveles, alto, medio y bajo. En el anexo 7 "Inundaciones PMMCC Mataquito" se presentan los resúmenes de los principales sectores críticos y los planos de inundaciones de la Cuenca del Mataquito.

El río Lontué presenta importantes inundaciones que han afectado a zonas pobladas, especialmente en la ribera izquierda. Es un cauce vulnerable por crecidas importantes.

El río Mataquito dispone de una vulnerabilidad compleja por lo tanto fue presentada una solución global por problemas detectados de inundaciones masivas y extensos tramos sometidos a erosión de riberas.

Los problemas asociados al río Teno fueron detectados en las infraestructuras y ciertos sectores poblados de la ribera izquierda.

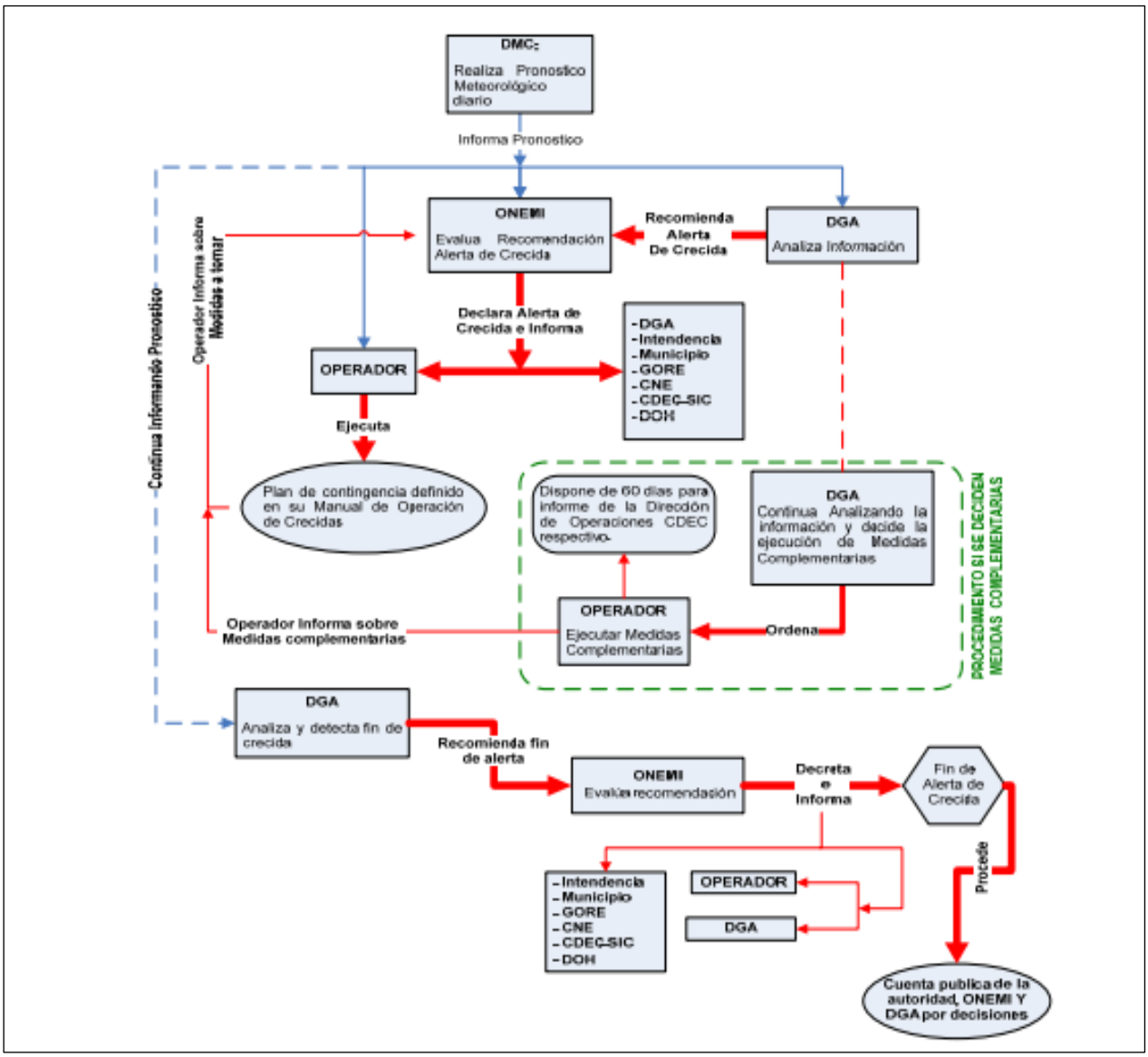
En general presentan importantes problemas de socavación y degradación de la cobertura vegetal.

Embalses de control de crecidas, Ley 20.304 (EX027)

La ley 20.304 sobre operación de embalses frente a alertas y emergencias de crecidas y otras medidas, define control de embalse como "todo embalse que contribuya a la regulación de las crecidas, declarado como tal por la Dirección General de Aguas. Para calificarlo como de control, la DGA deberá considerar entre otras características, el volumen de regulación del respectivo embalse y la localización de éste respecto de la cuenca hidrográfica y que aquél permita regular las crecidas de los caudales de agua, con el objetivo de evitar o mitigar las situaciones de peligro para la vida, la salud o los bienes de la población".

La Ley 20.304 en el Artículo 1 indica que la DGA puede declarar embalse de control aquellos que cumplan las características de dicha Ley para garantizar la regulación de crecidas evitando o mitigando los riesgos para la vida y los bienes públicos y privados. El embalse de Colbún fue decretado como embalse de control de crecidas.

Figura 8- 3 Proceso de Declaración de Alerta de Crecidas



Fuente: Taller DGA, 2012. Taller Suramericano de Gestión de Riesgos y Catástrofes "Sistema de Alerta de Crecidas de la dirección general de Aguas". EX031

La ONEMI debe tener una relación directa entre DMC, DGA y operadores para el buen funcionamiento del proceso de declaración de alerta de crecidas.

Tabla 8-6 Eventos Críticos y caudales máximos instantáneos asociados al embalse Colbún

Fechas del evento	Embalse m^3/s
19/07/1986	5.300
28/05/1991-29/05/1991	6.484
29/06/2000-13/07/2000	4.318
10/07/2006-13/07/2006	4.904
19/05/2008-23/05/2008	6.181

Fuente: Plan Regulador Comunal Colbún, en base a datos DGA 2010. (DT100)

Las fechas registradas de crecidas del Río Maule corresponden a 1940, 1941, 1953, 1972, 1974, 1980, 1994, 1995, 1997, 1998, 1999, junio 2000, julio 2000, mayo, julio agosto y septiembre de 2001. Registros ofrecidos por ONEMI y vialidad.

8.2.5. Criterios para la gestión de inundaciones

8.2.5.1. Naturaleza de los daños producidos por las inundaciones

La Región está en presente riesgo de inundaciones debido a las crecidas de los ríos y esteros, anegamiento de los sistemas de drenaje en zonas urbanas y afloramiento de napas. Se pueden diferenciar dos situaciones de riesgo, primero zonas urbanas y pobladas y segundo zonas agrícolas. En las zonas urbanas puede producirse por el desborde de los cauces, esteros o canales que atraviesan las ciudades y además por una falta de sistema de drenaje y evacuación de aguas lluvias ante un evento de intensas lluvias.

Por la magnitud de los daños que producen -con grandes pérdidas económicas y la frecuente pérdida de vidas humanas- las inundaciones, como fenómeno hidrológico extremo tan ligado a la gestión de los recursos hídricos, merecen un desarrollo específico. Las lluvias intensas y las avenidas producen la sobreelevación del nivel de los ríos y estos pueden desbordar su cauce dando lugar a las inundaciones. Pero siendo estas un

fenómeno natural, se ven frecuentemente agravados por la acción antrópica. Algunas de estas causas son las siguientes:

- Reducción de la sección transversal del río por colmatación, que puede ser debida a erosión en los cauces media y alta, flujo de lodos y derrubios en las quebradas tributarias, socavamiento y desprendimiento de los taludes del río y la desprotección de la ribera del cauce. La acción antrópica se manifestaría en este caso por una posible deforestación en el cauce, abandono y falta de protección de las riberas y falta de conservación del cauce.
- Cambios en la dirección del flujo de las aguas, tales como obras de encauzamiento que suprime el curso natural del río, eliminando meandros o curvaturas, y encauzamientos muy rígidos, con tratamientos duros medioambientales, como muros de hormigón y mampostería y enrocados, que impiden el desarrollo protector del bosque de ribera y la vegetación en las márgenes en la zona adyacente al cauce.
- Invasión de la llanura de inundación del río, normalmente por no estar delimitadas las franjas marginales, ordenación del territorio insuficiente o por desarrollos urbanísticos poco respetuosos con el espacio fluvial. Esta es una de las causas que con mayor frecuencia genera graves daños a la población a causa de las inundaciones.
- Insuficientes infraestructuras de drenaje agrícola y urbano, que producen inundaciones por falta de capacidad de drenaje de sus sistemas de alcantarillado o el anegamiento en las superficies de cultivo.
- Infraestructura viaria, frecuentemente con insuficiente capacidad de desagüe de las obras de drenaje y puentes, obstruyendo el paso de la avenida por el valle y desviando la inundación hacia otras zonas o agravándola aguas arriba por el efecto de retención de la obra vial que actúa como un dique de retención de las aguas. El problema aquí es doble, por una parte, el efecto mencionado de la obstrucción que la infraestructura vial con drenaje insuficiente supone para la natural

descarga de las aguas y, por otro, la afección a la propia infraestructura vial que como servicio esencial de la población se ve dañada o inundada, generando la incomunicación que impide la evacuación y llegada de las ayudas de emergencia y dando lugar a consecuencias muy negativas por la interrupción del servicio.

- Deficiente gestión de los riesgos de inundación por las autoridades competentes, falta de coordinación institucional para la gestión del riesgo, e inexistencia de algún sistema de alerta temprana. Es preciso mencionar que la gestión de las inundaciones es una responsabilidad compartida entre todas las autoridades que intervienen en la gestión del agua: nacional, regional y local, pero también con otras autoridades responsables de la ordenación del territorio, pues las inundaciones están muy ligadas a los usos del suelo, de la defensa civil y de la conservación del medio ambiente. Por tanto, esta gestión de las inundaciones solo podrá ser eficaz cuando se hayan planificado conjuntamente una serie de actuaciones en las que, coordinadamente, intervengan las autoridades mencionadas.

En definitiva, las inundaciones pueden producir grandes daños en pérdidas de vidas humanas, de cosechas y otros bienes económicos, así como el colapso de los sistemas de alcantarillado, generando graves perjuicios en la población y en definitiva, pueden dar lugar a la proliferación de enfermedades y deterioros a la salud pública.

8.2.5.2. Criterios de actuación

Las inundaciones tienen una naturaleza territorial vinculada al régimen del río. Por ello, las intervenciones para reducir los efectos de las avenidas en una determinada zona pueden ser agravadas en otro. Un encauzamiento para proteger una zona, implica acelerar la propagación de la onda de avenida pudiendo, en ocasiones, agravar la situación en los núcleos situados aguas abajo. Por ello, los ríos deben analizarse en tramos amplios para que

el análisis sea eficaz y se pueden plantear las actuaciones estructurales apropiadas.

Esta naturaleza territorial de las inundaciones implica para su gestión, tal y como se ha mencionado anteriormente, la colaboración de las diferentes instituciones que actúan en el territorio. Para actuar eficazmente contra ellas es necesario, como punto de partida, tener identificadas las zonas problemáticas y estudiadas cada una de estas, lo que debe hacerse a una escala regional o local. Un paso posterior sería disponer de una cartografía de riesgo adecuada que debería abordase dentro de un programa nacional. En estos estudios debe incluirse siempre la delimitación de fajas marginales que es un aspecto de la mayor relevancia tanto para la seguridad de la población frente a las inundaciones, impidiendo la construcción de viviendas en las mismas, como para la protección del dominio público hidráulico. Una colaboración clara entre las autoridades urbanísticas y las hidráulicas, constituye un elemento esencial para atenuar la creciente y rápida presión urbanística sobre los cauces que han soportado una ocupación creciente del área inundable por la población.

Los mapas de riesgo en los que se representan las principales magnitudes de la propagación de la onda de avenida (alturas de láminas y velocidades del agua) de las inundaciones que ocurren con determinada frecuencia, constituyen un instrumento muy eficaz en la planificación de las actuaciones de defensa. En los mapas de riesgos deben presentarse las avenidas con distintos periodos de retorno.

Los parámetros que definen la gravedad de una inundación son el nivel alcanzado por el agua, su velocidad, la duración de la inundación y el tiempo de respuesta de la cuenca. El nivel del agua marca la gravedad de los daños materiales y un nivel superior a 0,8 m suele implicar daños muy graves.

La velocidad es también un buen indicador de los daños tanto materiales como humanos. Una velocidad superior a 1 m/s significa un riesgo alto. La duración de la inundación tiene repercusiones fundamentalmente en los daños agrícolas y en la interrupción de las vías de comunicación. El tiempo de respuesta de una cuenca se puede aproximar por el tiempo de

concentración y determina fundamentalmente el riesgo para las vidas humanas. Cuanto mayor sea el caudal esperable y menor el tiempo de respuesta de la cuenca, más probable es la existencia de víctimas mortales, porque en las cuencas de respuesta muy rápida no hay, en general, tiempo suficiente para alertar a la población y movilizar los servicios de defensa civil. Por el contrario, con tiempos de respuesta amplio, superiores a un día, el riesgo de víctimas es mucho menor y los daños suelen ser básicamente materiales.

Un vez que se dispone de mapas de riesgo, su comparación con la cartografía donde se refleja la zonificación urbanística o los usos de suelo autorizados, es una buena metodología para el análisis territorial de las inundaciones y la adopción de decisiones de carácter preventivo que eliminen o reduzcan el riesgo.

8.2.5.3. Estrategias de actuación

Tradicionalmente se han utilizado para la protección de la población y bienes económicos frente a las inundaciones, dos tipos de soluciones: estructurales y no estructurales.

Actuaciones estructurales

Dentro de las acciones del programa integral del control de crecidas, las acciones estructurales son las siguientes:

- Obras de defensas
- Los embalses de regulación
- Obras de encauzamiento y otras obras afines

De una forma más general pueden considerarse tres categorías de estas actuaciones:

- Aquellas que actúan reduciendo los caudales punta, como los embalses de laminación, zonas de almacenamiento controlados,

cauces de emergencia y derivaciones, conservaciones de suelos y reforestaciones.

- Las que actúan reduciendo los niveles de inundación para un caudal dado, como los encauzamientos, diques longitudinales y obras de defensa puntuales, así como la corrección y limpieza de cauces, y,
- Las que reducen la duración de las inundaciones como las obras de drenaje de las vías de comunicación.

De todas ellas las más relevantes y frecuentes son los embalses de laminación y los encauzamientos. El elemento estructural más útil en la lucha contra las inundaciones es el embalse de laminación. Los grandes embalses de regulación tienen esa función de reducir los caudales punta de las avenidas y su buen comportamiento en esta función ha promovido, en las últimas décadas en muchos países, la utilización de embalses específicos para el control de avenidas. Desde el punto de vista ambiental suponen una barrera para el paso de la ictiofauna que debe solucionarse con escalas para peces y también para el paso de sedimentos.

Los encauzamientos y diques longitudinales no resultan tan beneficiosos. Por una parte, generan problemas aguas abajo al incrementarse la velocidad del régimen hidráulico, así como, problemas de invasión en el cauce, reduciendo su amplitud en detrimento del desagüe de las avenidas y por otra, están medioambientalmente muy cuestionados puesto que reducen el espacio fluvial impidiendo los procesos de dinámica fluvial que son fundamentales para el desarrollo de los ecosistemas asociados al río. La conectividad lateral del río queda en gran parte restringida, sobre todo cuando se utilizan soluciones “duras” en los muros de encauzamiento, lo que impide el desarrollo del bosque de ribera y de la vegetación en los márgenes adyacentes al río. Por estos motivos, en gran parte de los países desarrollados (Alemania, Francia, Suiza, USA) están llevando a cabo políticas de eliminación de los grandes encauzamientos y regresando a una mayor naturalidad de los cauces. Obviamente los encauzamientos son imprescindibles cuando se trata de proteger poblaciones que no permiten otra alternativa, o en quebradas en que se producen avenidas muy rápidas,

pero en otros muchos casos, como la protección de terrenos agrícolas a costa de la destrucción de los ecosistemas ribereños, deberían evitarse o reducirse su utilización.

Finalmente, las obras de drenaje de la infraestructura vial que cruza los cauces deben disponer de normativa adecuada para su proyecto y construcción para garantizar drenajes bien dimensionados.

Actuaciones no estructurales

Estas medidas se han venido utilizando cada vez más a nivel mundial en las últimas décadas por su carácter preventivo y su falta de afección medioambiental y, aunque no evitan los riesgos de inundación, pueden mitigar sus efectos. Son acciones no-estructurales las siguientes.

- La zonificación de zonas de riesgo.
- Los sistemas de alerta temprana.
- La operación de embalses y presas derivadas en épocas de avenida.
- Otras acciones no estructurales.

En relación con las anteriores, habría que añadir:

- La ordenación de zonas inundables.
- La implantación de un sistema de seguros.
- La planificación de defensa civil.

De todas ellas, las que la experiencia muestra que son más eficaces son la zonificación de zonas de riesgo combinada con normativas o regulación apropiadas para la ordenación de zonas inundables. La ordenación del territorio que contemple el respeto del espacio fluvial evitando la creciente presión urbanística o de otras actividades económicas sobre los cauces, ha demostrado ser la medida no estructural más eficaz para minimizar los daños materiales y humanos producidos por las inundaciones.

La zonificación de zonas de riesgo es un instrumento muy potente de carácter preventivo para reducir los daños de inundaciones. En la actualidad

están muy desarrollados los mapas de riesgo que permiten conocer la zona de peligro por inundaciones y evitar localizar en ella, o situar con determinadas condiciones los elementos de riesgo como viviendas, instalaciones industriales, industrias contaminantes, instalaciones para servicios municipales, etc. Esto debe complementarse con el desarrollo de normativas técnicas para su utilización por los municipios que contemplen restricciones a los usos del suelo para contrarrestar los efectos de las inundaciones. También deben contemplar esos mapas de riesgo la delimitación teórica de las fajas marginales para que los responsables de la administración hidráulica puedan controlar que no son invadidas por instalaciones de particulares.

La elaboración de los mapas de riesgo requiere un análisis hidro-geomorfológico previo para la identificación preliminar de las áreas de estudio, un estudio hidrológico posterior para determinar las probabilidades de presentación de las avenidas y un estudio hidráulico para el cálculo de los niveles asociados a estas avenidas.

Los sistemas de alerta mejoran la respuesta frente a las inundaciones mediante mecanismos de previsión de avenidas y aviso con antelación de las mismas. Se complementan con los planes de defensa civil que deben contemplar la gestión de los medios y recursos necesarios para hacer frente a las inundaciones, protegiendo las personas y bienes, así como la coordinación de todas las autoridades que actúan en el territorio con esta finalidad. Es imprescindible que existan protocolos claros de comunicación de la información de las avenidas y su evolución entre las autoridades hidráulicas y la de protección civil.

En algunos países –España es un país pionero en este tema– se han instalado para la previsión y alerta frente a avenidas, sistemas de información en tiempo real que transmiten la evolución de determinadas variables hidrológicas-hidráulicas a partir de sensores instalados en el territorio. En España se denomina Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH). El SAIH está instalado en todas las cuencas importantes del territorio, suministra información de precipitaciones y niveles en embalses y ríos que se transmiten en tiempo real a un centro de Proceso de

cuenca y con modelos hidrológicos apropiados, permite estimar la evolución de estas variables en función de pronósticos meteorológicos y anticipar las posibles zonas de inundación, dando tiempo así a las autoridades de defensa civil para actuar con suficiente margen en sus labores de protección ciudadana. El SAIH ha demostrado ser en España un instrumento muy eficaz en la mitigación de las consecuencias producidas por las inundaciones.

Los seguros también constituyen un instrumento de protección cuando el coste de la defensa supera el valor del área protegida, en zonas agrícolas y ganaderas. El seguro de inundaciones podría incluirse dentro de los seguros agrarios. El Plan de Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático del Sector Agrario del Ministerio de Agricultura plantea entre sus lineamientos de política, fortalecer los mecanismos de trasferencia de riesgos climáticos tales como los seguros catastróficos (seguros agrarios).

8.2.5.4. Contexto internacional

Tradicionalmente se han utilizado para la protección de la población y bienes económicos frente a las inundaciones, dos tipos de soluciones: estructurales y no estructurales.

En décadas recientes diversos países afectados seriamente por las inundaciones han abordado normativas para dar a este fenómeno natural, que tan cuantiosos daños produce, un tratamiento moderno y de máxima responsabilidad. Como pauta para abordar las inundaciones con un enfoque global al nivel de país, se propone la Directiva 2007/60/CE de la Comisión Europea. Esta Directiva se fundamenta en las grandes inundaciones ocurridas en Europa entre 1998 y 2004, en las que se contabilizaron más de 100 inundaciones importantes que causaron más de 700 muertos y pérdidas económicas superiores a los 25.000 millones de euros.

El objeto de la Directiva es establecer un marco para la evaluación y gestión de los riesgos de inundaciones destinado a reducir las consecuencias negativas para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural y la actividad económica asociadas a las inundaciones en el territorio de la

Comunidad Europea. Los requisitos principales que obliga a cumplir esta Directiva a todos sus países miembros son:

- Evaluación preliminar por inundaciones.
- Mapas de peligrosidad por inundaciones.
- Mapas de riesgo de inundación.
- Planes de gestión del riesgo de inundación.

Todas estas actividades están planteadas en plazos muy estrictos que finalizaron el 2015.

La Evaluación preliminar del riesgo de inundación tiene como objetivo determinar las zonas del territorio para las que se haya llegado a la conclusión de que existe un riesgo potencial de inundación significativo o en las cuales la materialización de ese riesgo puede considerarse probable. Debe contener una descripción de las inundaciones ocurridas en el pasado que hayan tenido impacto significativo y que tengan una probabilidad indicadora de volver a producirse. Es decir, debe considerarse la información disponible sobre inundaciones ocurridas en el pasado y contrastarse con las circunstancias actuales de ocupación del suelo, la existencia de infraestructuras para protección frente a inundaciones y el impacto del cambio climático.

Los Mapas de peligrosidad por inundación deben elaborarse para las zonas donde existe un riesgo potencial significativo (determinado en la fase anterior) y debe contemplar tres escenarios:

- Alta probabilidad de inundación.
- Probabilidad media de inundación (periodo de retorno mayor o igual a 100 años).
- Baja probabilidad de inundación o escenario de eventos extremos (periodo de retorno igual a 500 años).

Para cada uno de los escenarios anteriores, los mapas deben contener:

- Extensión previsible de la inundación y nivel del agua.

- Cuando se considere necesario se podrá incluir también información adicional como los caudales o velocidades máximas de la corriente.

Los Mapas de riesgos de inundación deben contener, para cada uno de los escenarios contemplados en los mapas de peligrosidad, lo siguiente:

- Número indicativo de habitantes que pueden verse afectados.
- Tipo de actividad económica de la zona.
- Instalaciones que puedan causar contaminación accidental en caso de inundaciones.
- Zonas protegidas para la captación de aguas destinadas al consumo humano.
- Otra información útil, como la indicación de zonas donde puedan producirse inundaciones con alto contenido de sedimentos transportados y la infraestructura viaria o de otro tipo que pueda verse afectada por la inundación.

Los Planes de gestión del riesgo de inundación requieren que las autoridades competentes establezcan los objetivos de la gestión del riesgo de inundación para cada zona con riesgo potencial significativo, centrando su atención en la reducción de las consecuencias adversas potenciales de las inundaciones. Estos planes incluirán medidas de diversos tipos para alcanzar los objetivos anteriores, tales como medidas estructurales, de ordenación del territorio y urbanismo, de predicción de avenidas, de protección civil, de drenaje de infraestructuras lineales, de restauración fluvial y de promoción de seguros frente a las inundaciones, en especial los seguros agrarios.

Por tanto, los planes de gestión del riesgo de inundación, objetivo último de la Directiva Europea, se conciben como un conjunto de medidas a realizar por diversas administraciones con competencia en el territorio y que deben ser coordinados por la autoridad hidráulica, sin que esta última tenga ninguna función en el desarrollo y ejecución de actividades que sean responsabilidad de otra administración.

La Directiva de Inundaciones supone para los países europeos una gran oportunidad de contar con un instrumento de gestión eficaz para reducir los

daños por inundaciones. Para llevar a cabo el cumplimiento de esta Directiva se requiere un gran esfuerzo para disponer de cartografía de calidad de las zonas inundables, lo que actualmente se pude conseguir por la disponibilidad que hay de herramientas técnicas excelentes, a un coste razonable, para realizar estos trabajos. La participación pública y transparencia es uno de los requisitos exigidos por la Directiva.

8.3. SEQUÍAS

8.3.1. Antecedentes Generales

La sequía tiene diferentes denominaciones y puede ser determinada por diferentes términos. Para Campillo (2003) la sequía se relaciona con la escasez de agua, por lo tanto se debe considerar oferta y demanda de la misma. En Chile la causa de mayor ocurrencia de sequias está relacionado con el fenómeno de La Niña (UEA, 2003), esta condición atmosférica disminuye la frecuencia de bandas nubosas frontales hacia la zona central y norte, e inhibe el desarrollo de la nubosidad.

Se consideran tres formas de sequía según la fuente de referencia:

- *Sequia Meteorológica*: "se da esta situación cuando las precipitaciones alcanzan un 60% o menos de lo normal anual (promedio de los últimos 30 años), durante dos años consecutivos o más, en el 50% de la extensión espacial de la región" (UEA, 2003). La Dirección Meteorológica de Chile usa esta definición para considerar época de sequía.
- *Sequía Hidrológica*: "Existe un déficit continuo en la escorrentía de superficie y ésta alcanza un nivel inferior a las condiciones normales, o cuando disminuye el nivel de las aguas subterráneas", lo que se convierte en sequedad de los suelos y napas subterráneas, aminorando la cantidad de agua artificialmente embalsada, así como los caudales de cuerpos superficiales hasta un punto en que no logran satisfacer las demandas del riego (Rein, 1997).

- *Sequía Agrícola*: cuando la disponibilidad de agua disminuye al punto de causar disminuciones significativas en el rendimiento de cultivos, pérdida de peso y muerte de ganado, con disponibilidad mínima o nula para el consumo en zonas rurales (UEA, 2003).

Tabla 8-7. Matriz de Monitoreo de Sequía al 30 de Junio 2016

Tipo de Sequía	Índice	Valor
Sequía Meteorológica	Déficit de precipitaciones (30/06)	-50
	Periodo de retorno Déficit Regional (años)	30
	Índice de Precipitación Estandarizado (IPE)	-0,96
	IPE-6 meses	0,17
	IPE-12 meses	Teno : 33,40
Sequía Hidrológica	Caudales (DGA) % del promedio; % del mínimo histórico	Maule: 102,00
Sequía Agrícola	Índice de Condición de la vegetación. VCI. (INIA) %, 090 al 24 de Junio 2016	84
	Índice de Condición de la vegetación. VCI. (INIA) %, 090 al 24 de Junio 2015	69

Fuente: Ministerio de Agricultura, elaborado por el sub-departamento de Información, Monitoreo y Prevención del Ministerio de Agricultura, disponible en: http://agroclimatico.minagri.gob.cl/wp-content/uploads/sites/26/2016/07/Matriz-Monitoreo-junio-2016.png
Notas: (OA) Observatorio Agroclimático; (INIA) Calculado por la Instituto de Investigaciones Agropecuarias

Funciones de la DGA en casos de Sequías

Entre las funciones de la DGA existen tres relativas a situaciones de sequía.

En primer lugar el Artículo 314 del Código de Aguas la DGA calificará previamente, mediante resolución, las épocas que revistan el carácter

extraordinario. Esta calificación será condicionada con los puntos referidos en la resolución DGA 1674,2012.

En segundo lugar, medidas de fiscalización en situaciones de escasez hídrica.

En tercer lugar, la DGA investiga y mide el recurso hídrico donde informa sobre la disponibilidad del agua.

Declaraciones de escasez

En el periodo de 2008 hasta 2016, la DGA ha decretado 10 Decretos de Escasez. Las UPH 2 y 3 pertenecientes a la Cuenca el Río Mataquito y UPH 7 son las más afectadas según la calificación por la DGA. La DGA establece las condiciones hidrometeorológicas para calificar la época de sequía, según la resolución Nº 1674 de 2012.

Las resoluciones pueden ser declaradas en diferentes niveles, estos son agua superficial y subterránea, comunal y por cuenca.

Funciones de Fiscalización relevantes a periodos de Escasez

La DGA tiene atribuciones de fiscalización para intervención de cauces en época de sequía e intervención de extracción sin título de recursos naturales tanto superficiales como subterráneos. Es decir, la intervención con las OUA para distribución del agua y asignación del cumplimiento de los derechos.

8.3.2. Diagnóstico de Herramientas para la Gestión en caso de Sequías

Las herramientas de gestión de la DGA a nivel central y regional recaen en los decretos de escasez de sequía. Para la DGA existen otros medios de gestión como labores de fiscalización tanto a nivel central como regional para el control de extracciones de agua. Es de añadir la existencia de instrumentos o herramientas de gestión de sequias para otras instituciones

así como programas o protocolos. En la siguiente tabla se resumen las herramientas disponibles.

Tabla 8-8 Instrumentos y herramientas de gestión de sequias

Instrumento o Herramienta de Gestión	Descripción	Antecedente en la Región del Maule
Declaraciones de agotamiento en aguas superficiales	Es un instrumento del cual dispone la DGA para señalar que la fuente natural agotó la disponibilidad de otorgar nuevos derechos de tipo consuntivo y de ejercicio permanente.	Entre los años 1952 al 2015 se han dictado un total de 11 declaraciones de agotamiento. Ninguno se encuentra en la Región del Maule.
Decretos de reserva	El presidente tiene la facultad de decretar la reserva del recurso para el abastecimiento de la población por no existir otros recursos para obtener agua.	Se han generado 28 reservas de aguas en Chile, de los cuales ninguno se encuentra en la región del Maule.
Decreto de áreas de restricción de aguas subterráneas	Instrumento de la DGA para proteger sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común, donde exista un riesgo de descenso de los niveles de agua en base a estudios que demuestren la vulnerabilidad de los mismos.	Entre los años 1997 al 2015 se han decretado 3 áreas de restricción. Dentro de la región existe son de 4.980 km^2 de superficie, más 575 km^2 compartida entre VI y Región del Maule.
Zonas de Prohibición de aguas subterráneas	Instrumento de gestión de la DGA para proteger la sostenibilidad de un acuífero. Se diferencia de las áreas de restricción, debido a que la disponibilidad será definitivamente como provisional, no se constituirán nuevos derechos.	Solamente se han declarado 6 zonas de prohibición entre los años 1983-1999, ninguna en la Región del Maule.
Planes de Alerta Temprana (PAT)	Herramienta de la DGA, que ha incorporado dentro del proceso de otorgamiento de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas. Los indicadores evalúan el área de influencia del derecho, y según esto se actuará	No existen planes de alerta temprana vigentes al 2015

Tabla 8-8 Instrumentos y herramientas de gestión de sequias

Instrumento o Herramienta de Gestión	Descripción	Antecedente en la Región del Maule
	reduciendo, ajustando o suspendiendo estos derechos.	
Declaraciones de Zona de escasez Hídrica	Según el Código de Aguas (Articulo 314), se pueden tomar acciones adecuadas para la gestión del agua en época de extraordinaria sequía. Se permite tomar decisiones respecto a la administración del agua de fuentes naturales.	En la Región del Maule se han decretado 10 Declaraciones de escasez Hídrica.
Pronostico de la Disponibilidad Hídrica para Riego	La DGA como organismo encargado de promover la gestión y administrar el recurso hídrico, elabora anualmente un pronóstico de volúmenes de deshielo y caudales medios mensuales para la temporada de riego. Además del añadido propósito de dar a conocer la situación hidrológica general del país, específicamente en lo relativo a las zonas de riego.	
Fiscalización relacionada con la sequía	Las solicitudes de agua realizadas son un indicador a considerar. La fiscalización de las relacionadas con la extracción de agua sin títulos, aporta una herramienta de gestión en periodos de sequía.	

Fuente: Elaboración propia según (Atlas del Agua)

Las condiciones para la declaración de escasez se dividen según el nivel al cual se refiera la declaración. Estas condiciones estadísticas son índices de control de precipitaciones, caudales y volúmenes de embalses, así como condiciones específicas para aguas subterráneas como se indican en la tabla siguiente.

Tabla 8-9 Condiciones Hidrometeorológicas para calificar escasez

Nivel	Condición
Aguas Superficiales	a) Las precipitaciones acumuladas a contar del mes de abril, de modo que en cualquier caso quede comprendido a lo menos el período abril-agosto. Índice de control estandarizada (IPE): IPE ≤-0.84 Para la Región del Maule b) Los caudales medios mensuales acumulados de los últimos 3 meses consecutivos. Índice de Caudales Estandarizados (ICE). ICE ≤ -0.84; Para la Región del Maule. Por lo tanto los referidos indicadores permiten indistintamente, verificación de sequía para una zona, considerando tanto precipitaciones como caudales de los ríos.
Cuencas	En las cuencas en que se cuente con embalses de regulación interanual y el volumen almacenado sea inferior al 60% del promedio estadístico del mes, el indicador de sequía para caudales (ICE), deberá ser igual o menor a -0.68.
Aguas Subterráneas	Si en cualquier momento en un sector hidrogeológico de aprovechamiento común del acuífero, la capacidad de las captaciones para el abastecimiento del agua, cumplen las siguientes condiciones: a) Empresas Sanitarias. Cuando sea menor al 50% de la capacidad informada a la SISS en el último proceso tarifario. b) Agua Potable Rural. Cuando sea menor al 50% de los derechos de aprovechamiento de agua subterránea otorgados.

Fuente: DGA, Decreto Nº 1674, 2012 (EX034)

El último pronóstico de disponibilidad hídrica establece los volúmenes de deshielo y caudales medios mensuales para la temporada 2016/17 de riego. De modo de obtener una herramienta preventiva para la situación hídrica del momento.

Tabla 8-10 Análisis del estado de los embalses de la región para la época da riego

Embalse Año de inicio	Capacidad máxima (millones m^3)	Promedio agosto	Al 31 de agosto 2014	Al 31 agosto 2015	Al 31 agosto 2016	UPH
Colbún 1985	1544	1148	995	1134	876	UPH 6
Laguna del Maule 1958	1420	933	239	315	484	UPH 5
Bullileo 1952	60	54	60	60	23	UPH 8
Digua 1968	225	200	220	194	152	UPH 7

Fuente: DGA, Pronóstico de Disponibilidad de agua temporada de Riego, S.D.T.Nº 386.

Según se observa en el mapa siguiente la región fue considerada fuera de limitaciones para el riego.

Figura 8- 4 Situación de riesgo esperada. Temporada 2016-2017

Fuente: DGA 2015, Pronostico de Disponibilidad de agua temporada de Riego, S.D.T.Nº 386

8.3.3. Antecedentes en la Región del Maule

Los registros a nivel histórico aportados por La Red en el periodo de tiempo desde 1972 a 2014, ha permitido detectar 14 sequias en la región, de las que 3 corresponden al periodo de tiempo entre el años 2004 al 2014.

El déficit hídrico es más sensible en la zona del secano costero y secano interior. Las sequias afectan a la agricultura, ganadería y consumo humano.

Lo antecedentes históricos obtenidos en la región relativos a las sequias se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 8-11 Histórico de sequias en la Región del Maule

Periodo	Zona afectada	Descripción
1972-1974	II a X Región	No hay agua para riego
1976	I, II y IV a IX	Afectó a toda la Región siendo declarada zona de escasez
1978	R.I, V, MS, VII, VIII, IX, X y XII	No se desarrollaron bien los trigales y las legumbres
1985	Rio Choapa a Talca	El secano fue el principal afectado, pues en la zona de riego el agua acumulada en los embalses permitió un abastecimiento normalizado. Hubo más de setenta mil personas afectadas (Bonilla, 1999).
1988	V, VII y XII Región	En la Región del Maule los más afectados fueron los pequeños agricultores que no contaban con un sistema de regadío artificial, se retrasaron las siembras, disminuyo la producción lechera en un 25% debido a la baja de peso del ganado que no tuvo pastos para alimentarse.
1990-1991	I a VIII	En la Región del Maule se retrasó la entrada a clases por falta de agua en 50 escuelas rurales.
1996-1998	I a X Región	1996-1997. La región del Maule y varias regiones más fueron consideradas en estado de emergencia. En la Región del Maule algunas localidades tuvieron serios problemas con el abastecimiento de agua para consumo humano. El forraje para animales también fue escaso (Bonilla, 1999) y hubo problemas en los cultivos de trigo, papas, lupino y raps. Los efectos de la sequía en la VI Región fueron: la fruticultura fue una de las más afectadas, con una disminución en el calibre y calidad de la fruta. A nivel de canales se observaron problemas de distribución del agua, afectando el número de riegos necesarios para siembra de cultivos anuales. La producción de forraje fue insuficiente para los animales durante el verano.

Tabla 8-11 Histórico de sequias en la Región del Maule

Periodo	Zona afectada	Descripción
		1998 fue considerado el tercer año más seco de la historia hasta el momento.
2000	VII	Efectos provocados por La Niña. Se declararon en escasez 5 comunas de la Provincia del Maule. Decretaron reparto de agua potable en bidones para 5 comunas de la provincia.
2011	VII	Región declarada en sequía. Problemas en el rubro hortícola y en el cultivo intensivo de frutillas. Evento causado por La Niña.
2012	V a X	Laguna del Maule (región del Maule) llega a niveles crítico y el agua se disputa entre riego y energía. La capacidad de los embalses fue del 32%. Se evidenciaron 12.000 personas afectadas por la falta de agua, generando pérdidas por US$600.000.000. 183.226 personas se abastecieron de agua potable por camiones aljibes debido a la sequía. Se repartieron 234 millones de litros entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos.
2013	II a X	Sequía afecto a 226.000 personas en 9 regiones del país. Producto de ello, a fecha de noviembre 2016, 108 comunas continúan en emergencia agrícola.

Fuente: RED (2016); EX036

A continuación se muestran los decretos de escasez calificados por la DGA en la Región. Estos han sido analizados por UPH.

Tabla 8-12 Listado de Decretos de escasez por la DGA en la Región de Maule

Decreto	Cuenca/Comuna/Provincia afectada en la Región	UPH afectada
N°134 de 5 de febrero de 2008	Cuenca del río Mataquito	1;2;3;4
N°153 de 15 de febrero de 2008	La cuenca del río Putagán en la provincia de Linares	8
N°161, 25 feb de 2011	Cuenca del río Mataquito	1;2;3;4

Tabla 8-12 Listado de Decretos de escasez por la DGA en la Región de Maule

Decreto	Cuenca/Comuna/Provincia afectada en la Región	UPH afectada
N°162, 25 feb de 2011	Comuna de San Javier y Provincia de Cauquenes	6;8
N°187, 13 de abril de 2011	Cuenca del río Purapel	7
N°339, de 29 de noviembre de 2012	Comuna de Vichuquén	1
N° 291, de 21 de octubre de 2013	Comuna de Vichuquén	1
N°147 de 13 de febrero de 2014	Comunas de Pelluhue, Chanco, Cauquenes, Curepto, San Javier, Empedrano, Constitución, Pencahue, Licantén, Rauco, Sagrada Familia y Hualañé.	2;3;6;7;8;9
N°155 de 27 de febrero de 2014	Comunas de: San Clemente, Pelarco, Río Claro, San Rafael, Talca, Maule, Colbún, Yerbas Buenas, Villa Alegre, Linares y Longaví	5;6;8
N° 225 de 5 de agosto de 2015	Provincias de Talca, Cauquenes, Curicó y Linares	1;2;3;4;5;6;7;8;9
Nº 241 de 28 de octubre de 2016	Las provincias de Curicó, Talca, Linares y Cauquenes	1;2;3;4;5;6;7;8;9

Fuente: Datos DGA, 2016

La DGA como medidas de prevención ante el agotamiento y sostenibilidad de los acuíferos, declara áreas con restricciones a aquellos sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común en los que exista un riesgo grave de disminución de un determinado acuífero. Estas son resoluciones de la DGA emitidas en base a antecedentes técnicos, en la mayoría de los casos informes técnicos DARH.

Tabla 8-12 Resoluciones DGA de restricciones de Áreas de Restricción de Aguas Subterráneas dentro de la Región del Maule

Resolución	Fecha	Sector	UPH	Antecedente Técnico
DGA Nº 90	Marzo 2015	Teno y Lontué	2	DARH 44
DGA Nª 92	Marzo 2015	Estero Belco y Arenal	7	DARH 45

Fuente: Datos DGA, 2016

Zonas de Emergencia Agrícola

Desde 2008 según el Ministerio de Agricultura 51 veces hubo declaraciones en comunas en sequía en la Región del Maule, para un total de 725 comunas a nivel regional. Siendo la sexta región con mayor número de comunas en sequía en el periodo. Se registran comunas en seguía agrícola en los años 2008 (22) ,2011 (17) y 2012 (13). En la tabla siguiente se presentan las comunas con sequia agrícola.

Tabla 8-13 Comunas en Emergencia Agrícola

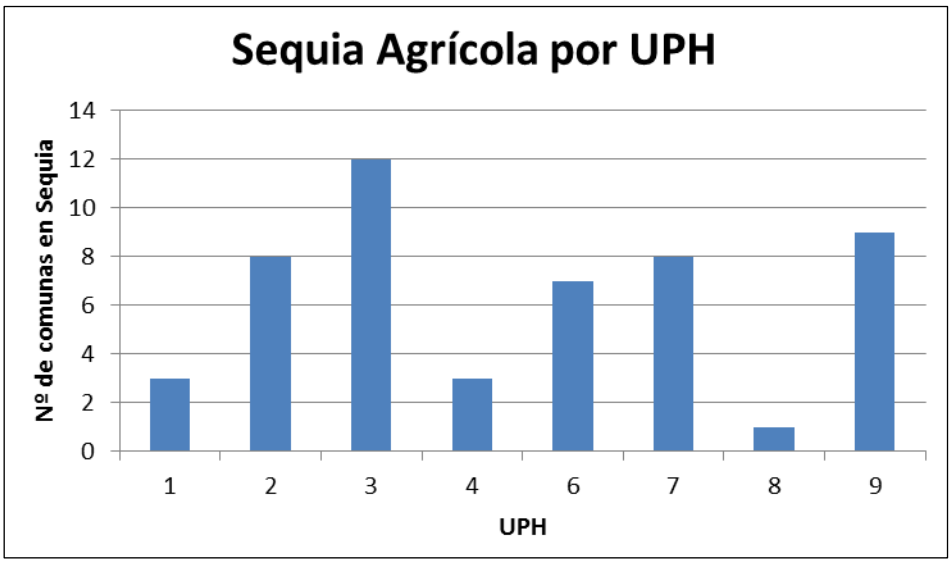
Comuna	Nº de veces Emergencia Agrícola
Cauquenes	3
Chanco	3
Constitución	3
Curepto	3
Curicó	2
Empedrado	3
Hualañé	3
Licantén	3
Linares	1
Longaví	1
Molina	1

Tabla 8-13 Comunas en Emergencia Agrícola

Comuna	Nº de veces Emergencia Agrícola
Parral	1
Pelarco	1
Pelluhue	3
Pencahue	3
Rauco	3
Retiro	1
Romeral	1
Sagrada Familia	3
San Clemente	1
San Javier	3
Teno	2
Vichuquén	3
Total general	**51**

Fuente: Datos MINAGRI, 2016 (Anexo 2-7-3 "Histórico EA")

Gráfico 8-2 Número de comunas en sequía agrícola por UPH



Fuente: Datos MINAGRI, 2016 (Anexo 2-7-3 "Histórico EA")

Entre las temporadas agrícolas 2014-2016, se registraron en la base de datos de www.climatedatalibrary.cl, 43 comunas con un índice CVI por debajo del 40 % considerado como límite de sequía y normalidad.

La misma base de datos proporciona el periodo de retorno de sequía asociado a cierto déficit de la precipitación (comparado con lo normal). Permite obtener y visualizar datos para un déficit de 20%, 40%, 60% y 80%. En la Tabla siguiente se presentan los datos.

Tabla 8-1 Período de retorno de sequias asignado por comuna.

Comuna	UPH	20%	40%	60%	80%
Sagrada Familia	3	3,30	8,57	36,46	36,46
Teno	2	3,17	7,54	29,47	246,68
Romeral	2	3,17	8,24	29,55	292,31
Molina	6	3,29	8,73	33,14	303,02
Curicó	2	3,25	8,47	32,04	313,45
San Clemente	6	3,36	8,88	34,86	341,39
Rauco	6	3,21	8,17	32,44	348,82
Linares	8	3,43	8,89	44,77	352,85

Tabla 8-1 Período de retorno de sequias asignado por comuna.

Comuna	UPH	20%	40%	60%	80%
Rio Claro	7	3,30	8,58	36,19	378,00
Pelarco	6	3,31	8,63	37,79	395,79
Yerbas Buenas	8	3,34	8,65	40,93	405,37
San Rafael	6	3,31	8,62	38,98	409,64
Talca	6	3,32	8,64	41,97	409,78
Villa Alegre	8	3,32	8,64	44,00	412,61
Maule	2	3,32	8,64	44,19	424,78
Hualañe	3	3,24	8,27	37,84	480,23
Chanco	9	3,39	8,76	55,46	610,19
Colbún	5	3,47	9,02	45,80	621,84
Pelluhue	9	3,44	8,92	68,07	928,93
Empedrado	9	3,37	8,63	53,20	1.162,19
Constitución	4	3,34	8,34	51,62	1.329,92
Cauquenes	7	3,38	8,70	69,40	1.761,93
Pencahue	6	3,32	8,62	44,76	2.437,70
Retiro	2	3,35	8,59	58,97	2.820,44
Parral	7	3,62	9,39	80,74	2.959,18
Licantén	8	3,25	8,37	44,70	4.270,25
Longaví	6	3,45	8,80	57,71	4.433,07
San Javier	7	3,33	8,64	47,50	4.990,94
Curepto	3	3,30	8,54	44,88	5.516,27
Vichuquén	1	3,19	7,76	41,35	9.565,70

Fuente: Datos www. climatedatalibrary.cl, revisados Junio 2016

8.3.4. Criterios para la gestión de las sequías

8.3.4.1. El problema de las sequías

Las sequías son uno de los fenómenos naturales más dañinos, pueden ocasionar pérdidas económicas muy elevadas, incluso afectar seriamente a la salud de la población y a los ecosistemas. En el caso de la región del Maule, región rica en agua, las sequías recurrentes afectan a una parte extensa del territorio y en parte de los casos, con bastante población. Los estudios sobre la variable climática y el cambio climático detectado en los

últimos años muestran que las sequías pueden incrementarse en el futuro, con mayor intensidad y frecuencia. Por ello, debe analizarse la situación en las zonas vulnerables a la sequía para ir tomando las medidas preventivas necesarias. Aunque se entiende con carácter general, que la sequía es una situación en la que los recursos acumulados no son suficientes para atender las demandas, existen diversas formas de definir la sequía por lo que debe establecerse un acuerdo al respecto.

8.3.4.2. Criterios de actuación

Para prevenir las situaciones de sequía se pueden plantear una serie de posibilidades enmarcadas en las siguientes medidas:

- ***De alternativas de suministro***. Un sistema de explotación (riego) o abastecimiento poblacional es muy vulnerable si solo dispone de un tipo de suministro. Por tanto, se trata de incrementar la garantía de suministro utilizando combinados distintas fuentes a definir en cada caso tales como:
  - Embalses de regulación superficial: el almacenamiento y regulación superficial de la Región del Maule es muy baja, de unos 4.000 hm³/año, que representa tan solo un 17% de los recursos hídricos naturales de un año medio, por lo que debería incrementarse ampliamente reduciendo las descargas al mar, para atender las situaciones de escasez que previsiblemente van a aumentar en el futuro.
  - Almacenamientos subterráneos: la recarga anual media de los acuíferos de la Región del Maule es de unos 3.100 hm³/año, que representa el 13% de los recursos hídricos naturales de un año medio. En conjunto, se está dejando ir al mar el 70% del recurso hídrico natural de un año medio.
  - Interconexión entre cuencas: se trata muchas veces de tener disponibles infraestructuras locales de trasvase que puedan resolver

problemas locales o regionales de gran importancia, distribuyendo el riesgo entre zonas que pueden prescindir de parte de su suministro y otras que tienen una necesidad imperativa en un momento dado.

- Recursos subterráneos adicionales: las aguas subterráneas tienen un gran valor estratégico en situaciones de sequía, por lo que la administración hidráulica debe seguir investigando posibles acuíferos adicionales a los ya existentes en zonas vulnerables a la sequía.
- Explotación coordinada de aguas superficiales y subterráneas: se requiere disponer de unas reglas de explotación adecuadas que permitan que los acuíferos que serán sometidos a un esfuerzo especial durante la sequía, puedan recuperarse, reduciendo las extracciones cuando la sequía termine, fase en la que los embalses u otras fuentes, volverán a tener la máxima prioridad en el suministro.
- Utilización de recursos no convencionales: el reúso directo de las aguas es una buena alternativa en estos casos, pero no puede aplicarse sin los tratamientos adecuados que sean garantías para la salud humana, por lo que se requiere tener disponible con tiempo las instalaciones de depuración necesarias.

- ***De gestión de la demanda***. La gestión eficaz de la demanda que permite reducir los consumos con el uso racional del agua debe ser una prioridad de todos los gestores y ciudadanos. Los eventos de sequía demuestran siempre que se puede atender las necesidades, todas o parte de ellas con menores consumos, por lo que estos deben mantenerse también cuando no hay sequía. Los mecanismos habituales para este fin son los siguientes:
  - Modernización de infraestructuras: se trata de reducir las pérdidas por filtración. El riego, que es el mayor consumidor de agua, tiene un amplio margen en este sentido por lo que el revestimiento de canales, o la impermeabilización suponen un importante ahorro en el consumo del agua. Adicionalmente, donde económicamente sea apropiado, los

riegos tecnificados van en la misma dirección y todo ello, debe conducir a mejorar de la eficiencia.

- Reducción del consumo de agua: durante los episodios de sequía se consume menos agua, en gran parte por la sensibilidad social que se desarrolla. En el uso poblacional las campañas informativas son muy eficaces y en el caso del riego, los cursos de capacitación deben ayudar a los usuarios a no utilizar más agua que la estrictamente necesaria. Por parte de los gestores, la medición precisa de los consumos de agua es de vital importancia para controlar estas situaciones, debiendo disponer de medidores de caudal en los lugares más estratégicos. Es preciso mantener estos esfuerzos de ahorro en todos los actores responsables de la gestión del agua para que los consumos respondan siempre al uso racional del recurso.

8.3.4.3. Planificación para periodos de sequía

En algunos países muy sensibles a los problemas originados por las sequías, se han desarrollado "Planes de Sequía". El objetivo fundamental de estos planes es disponer de un sistema eficaz para la detección de las sequías, pues si estas se detectan demasiado tarde las medidas a aplicar pueden no dar resultados.

La base de estos planes es el desarrollo de indicadores: situación meteorológica, situación de los embalses, situación de los caudales circulantes por los ríos y niveles en los acuíferos y en esos indicadores se establecen umbrales que señalan los posibles escenarios de sequía (situación normal, alerta y alarma). En cada uno de estos escenarios hay normas de actuación tales como, reducción de dotaciones o prioridad de usos, que establecen decisiones apoyadas en una normativa definida al efecto.

Con la experiencia previa acumulada por los gestores del agua se puede anticipar, de una manera razonable, la toma de decisiones y tener preparadas las posibles actuaciones a llevar a cabo. En la toma de decisiones

debe haber siempre participantes de todos los usuarios posiblemente afectados. El compromiso de los usuarios con el desarrollo de las medidas a adoptar es esencial para superar estas situaciones adversas.

8.3.4.4. Seguridad de abastecimiento

La forma más eficaz de garantizar sistemáticamente la seguridad de un sistema de abastecimiento de agua, es aplicando un planteamiento integral de evaluación y gestión de los riesgos que abarque todas las etapas del sistema de abastecimiento, desde la cuenca de captación hasta su distribución al consumidor.

Se diferencia la seguridad según el tipo de demanda. En general, se distingue entre: demanda de producción (riego, generación e Industria) y demanda de agua potable. La primera se analiza en los capítulos 3 y 4, de una forma más detallada. Por lo tanto, en este ápice se tomará seguridad de abastecimiento como consumo humano de agua potable.

No se considera problemática la seguridad de abastecimiento en grandes centros urbanos. Se dispone una amplia seguridad debido a los grandes sistemas de abastecimiento que entregan a la población. Por lo tanto, y según la información proporcionada por NuevoSur S.A., los puntos críticos se encuentran en los Sistemas de Agua Potable Rural (APR).

De forma detallada no se puede calcular la seguridad de abastecimiento en diferentes escenarios, ya que no se dispone de suficiente información. Además, se deben considerar tres problemas diferentes para posibilitar el abastecimiento. Estos son:

- Déficit Hídrico
- Falta de Derechos de agua Disponibles
- Calidad de Agua

La Precordillera dispone de agua pero no se dispone de derechos. Según los datos ofrecidos se considera que la infraestructura disponible es menor a la población proyectada en algunos APR, mayormente en UPH 6.

En las zonas costeras la problemática es la falta de disponibilidad hídrica. Los arranques se han deprimido y no se disponen de otras alternativas. Por ejemplo Chanco, mantiene un problema de abastecimiento casi permanente. En otros casos como en Vichuquén, la calidad de las aguas no es adecuada para el consumo. Este problema es agravado en periodos estivales, debido a la alta demanda llegando a zonas más saturadas.

Las soluciones actualmente se basan en financiamiento de camiones aljibe y otros proyectos alternativos como el transvase de recursos hídricos.

8.4. DIAGNOSTICO de la INFRAESTRUCTURA PARA EVENTOS EXTREMOS

El Plan de Prevención ante fenómenos naturales por inundaciones, sequías, deslizamientos y aluviones tiene por objeto evitar, en la mayor medida posible y siempre en términos alcanzables, la incidencia negativa de estos fenómenos relacionados con el recurso hídrico de la región. El problema de los eventos extremos no puede resolverse totalmente solo con actuaciones estructurales. Por una parte, las inversiones necesarias para estas actuaciones superarían la disponibilidad financiera del país y por otra parte, algunas de las infraestructuras a implantar tendrían impactos sociales y ambientales muy negativos.

Las medidas tradicionales para reducir los riesgos generados por los eventos de crecidas (ver punto 2.5.3) y otros eventos extremos se clasifican en dos categorías:

- Medidas estructurales con las que mediante infraestructuras como embalses de laminación, encauzamientos, desvío de cauces, etc., se pretende reducir las causas del riesgo.
- Medidas no-estructurales que persiguen fundamentalmente reducir los efectos de las avenidas más que sus causas, mediante la elaboración de mapas de riesgo, sistemas de alerta y planificación de emergencias. Estas medidas pueden no ser muy eficaces en zonas urbanas ya consolidadas. Por todo ello resulta generalmente

conveniente utilizar una combinación de ambos tipos de medidas para conseguir la máxima eficacia en la reducción del riesgo.

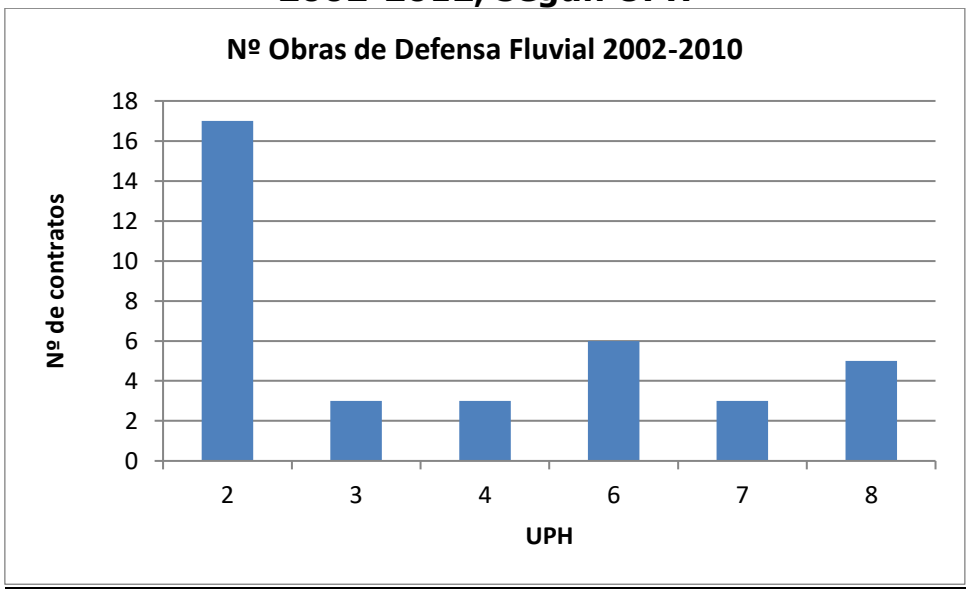
El Plan Regional de Infraestructura y Gestión de Recursos Hídricos de la Región del Maule al 2021, cuenta con unos 330 proyectos e iniciativas, de los que 55 están relacionados con la reducción del riesgo y prevención de eventos de inundaciones, remociones en masa y evacuación de aguas lluvias, 30 con la prevención de eventos de sequías en el aumento de la seguridad y eficiencia del riego, 30 con el desarrollo de los Recursos Hídricos y los restantes hacen referencia a los sistemas de APR, red viaria, calidad de las aguas, y mantenimiento de infraestructura en general.

- La gran mayoría de los proyectos referidos en el caso de las **inundaciones** son actuaciones estructurales, entre las que predominan los encauzamientos, diques de protección, construcción de espigones y enrocados. También abundan los proyectos de descolmatación y limpieza de cauces que pueden ser considerados como actuaciones de mera conservación de cauces. Las actuaciones de índole no-estructural como la capacitación, la delimitación del dominio público hidráulico de los cauces y la reforestación son muy escasas.
- En el caso de los proyectos para prevenir los efectos ante eventos de **deslizamiento** predomina la construcción de muros de contención, aunque también hay proyectos de reforestación.
- Los proyectos para la prevención ante eventos de **aluviones** se centran fundamentalmente en dos tipos de actuaciones: construcción de muros de contención y descolmatación.
- Los proyectos para la prevención ante eventos de **sequías** se centran fundamentalmente en el mantenimiento y mejoramiento de la infraestructura de riego y la instalación de pozos. Cabe citar que los dos primeros tipos de proyectos no solo tienen influencia en contrarrestar los efectos de la sequía, sino que también contribuyen, en situaciones de normalidad, a una mayor eficiencia en el uso del agua. Los proyectos de instalación de pozos son fundamentales en la

gestión de las sequías al ser las aguas subterráneas un recurso estratégico de suma utilidad en estas situaciones. También destaca la presencia de un buen número de proyectos de construcción de embalses o reservorios, de instalación de riego tecnificado, así como proyectos de capacitación.

Las obras de defensa fluvial son las más representativas en protección contra crecidas. Según el Catastro de Obras Fluviales el Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021, Región del Maule, se pueden distinguir entre contratos de conservación, construcción, encauzamiento y/o limpieza y estudios. La UPH 2 ha dispuesto de mayores recursos para mitigar y reparar eventualidades en la época 2002-2010. Además tiene el 46% de las obras regionales localizadas en dicha Unidad de Planificación Hídrica. Este dato coincide, contabilizando todas las actuaciones disponibles un 46,6% del total. En los siguientes gráficos se observan los datos del estudio.

Gráfico 8-3 Catastro de Obras de Defensa fluvial periodo 2002-2012, según UPH



Fuente: Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021

En términos económicos no existe gran diferencia entre la UPH 2 y 6. Las inversiones en la UPH 6 se equiparan a la cuenca alta del rio Mataquito, UPH 2.

En término de obras de regulación para control de crecidas o embalses de almacenamiento, se analizan los mayores embalses naturales y artificiales. Según los tatos ofrecidos en la tabla 3-45 Relación de embalses en la VII Región distribuidos por UPH, del Capítulo 3, se obtienen las siguientes conclusiones:

Tabla 8-14 Período de retorno de sequias asignado por comuna.

UPH	Capacidad (hm^3)
1	95
2	73
3	0
4	0
5	1.728
6	1.490
7	242
8	194
9	0

Fuente: Elaboración Propia

La Unidades pertenecientes a la cuenca del río Maule disponen de una alta capacidad de regulación para eventos de crecidas. En cambio la UPH 2 y 3, siendo altamente vulnerable a crecidas, no disponen de una capacidad alta de regulación. Se debe añadir que el único embalse de control declarado por la DGA es el embalse de Colbún.

La relación entre capacidad y volumen de alerta ante sequía indica como Unidad de Planificación Hídrica mejor preparada al alto Maule (UPH 5), gracias a la cobertura de la Laguna Invernada.

8.5. CAMBIO CLIMÁTICO

8.5.1. Introducción

Los impactos del cambio climático constituyen una de las amenazas ambientales más importantes del siglo XXI al nivel mundial. Chile no es ajeno a este problema, pues en la última década se están observando eventos más intensos, como cambios significativos en los registros de precipitación y temperaturas extremas, que hacen percibir la modificación de la variabilidad climática y son indicadores de posibles cambios en los patrones climáticos, como es el caso de la disminución de las precipitaciones que se relacionan, directa o indirectamente, con el calentamiento global. También existen otros procesos directamente relacionados con el incremento de la temperatura global, como el retroceso glaciar en Chile, que es testigo del acelerado retroceso de los mismos. La desaparición de los glaciares tendría grandes repercusiones porque además de ser ecosistemas únicos para las regiones de alta montaña, son fuente del recurso agua para un conjunto de demandas socioeconómicas en todas sus cuencas asociadas.

Los impactos regionales del cambio climático global no son del todo conocidos, porque las incertidumbres asociadas al conocimiento del clima en Chile son amplias por su carácter andino, que genera una diversidad de climas, circunstancia que se complementa con que no se cuenta, en buena parte del territorio, con observaciones de variables meteorológicas de periodos largos. Sin embargo en los últimos tiempos, los avances en los modelos físico-matemáticos del clima permiten conocer mejor su presencia y estimar con más confianza su futuro. Esos modelos físico-matemáticos simulan la dinámica del sistema climático, considerando diferentes escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Para ejecutar estos procesos se necesita una fuerte capacidad de cómputo, que solo está disponible en los Centros Mundiales de Modelamiento del Clima (MCG), pero cuya información tiene una baja resolución espacial. Esto representa una limitación para los países andinos que por la complejidad de su orografía,

requieren análisis a escalas más regionales y locales. Por ello para obtener la información al nivel de detalle necesario, a partir de la proporcionada por los MCGs, se requiere adoptar pasos intermedios con metodologías que permitan obtener escenarios climáticos regionales que describan los impactos del cambio asociado a las características propias del área de estudio y establecer medidas de adaptación adecuadas.

El 2007 el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPPC) concluyó que es "muy probable" que los incrementos de gases de efecto invernadero generados por la acción del hombre hayan causado la mayoría de los incrementos observados, en el promedio mundial de las temperaturas desde mediados del siglo XX y que es extremadamente improbable que haya sido causado solamente por la variabilidad climática sin forzamientos.

Las observaciones y estudios han permitido estimar que en los últimos 100 años, la temperatura global se ha incrementado en 0,74ºC y el ritmo de calentamiento se está acelerando. Esto contribuye al aumento de la temperatura del mar, al derretimiento de la cobertura de hielo en el Polo Norte y en los glaciares de la montaña, además de la cobertura de nieve a nivel mundial, lo que ocasiona un incremento en el nivel del mar. Como consecuencia, los eventos climáticos extremos se han incrementado y los patrones climáticos están cambiando.

Se tiene confianza en que los modelos climáticos proporcionan estimaciones cuantitativas creíbles sobre los cambios climáticos futuros, pero esta confianza es mayor para algunas variables climáticas (la temperatura) que para otras (las precipitaciones). No obstante, los modelos climáticos todavía muestran errores significativos, que son mayores cuando la escala es más pequeña, aunque aún existen problemas a gran escala, como las definiciones para simular la precipitación tropical El Niño/Oscilación del Sur.

Las proyecciones indican que en un mediano plazo ocurrirán cambios importantes en la realidad medioambiental de Chile. Se señala que el cambio climático no es algo pasajero y se asocia las variaciones en las temperaturas, las inundaciones y las sequías a signos de este proceso, como así también se cree que habrá escasez de terrenos cultivables, lo cual llevará

a una competencia para acceder a ellos y a otro recurso importante como lo es el agua (González, 2008).

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (1992), establece los países con condiciones que los hacen más vulnerables en el Artículo 4.8. Dadas las condiciones expuestas en ese documento, se ha determinado que Chile cumple con seis de las características que lo ponen en el foco del cambio climático:

Posee zonas costeras bajas; zonas áridas y semiáridas; áreas susceptibles a la deforestación o erosión, a los desastres naturales, a la sequía y la desertificación; áreas urbanas altamente contaminadas y ecosistemas frágiles" (Comité Nacional Asesor sobre el Cambio Global, 2006).

La situación en que se encuentra el país ha llevado a realizar proyecciones que indican que en un mediano plazo ocurrirán cambios importantes en la realidad medioambiental. Dentro de las consecuencias más apreciables que se presentarán según éstas proyecciones se encuentra la escasez de recursos hídricos, especialmente en la zona central del país donde se emplaza la Región del Maule y que se caracteriza por dedicar gran parte de su superficie al cultivo agrícola y a actividades ganaderas. También se proyecta un proceso de avance del desierto hacia el sur producto de la disminución de precipitaciones y el aumento de éstas en el sector sur de Chile (Comité Nacional Asesor Sobre el Cambio Global, 2006).

El proceso para evaluar la adaptación al cambio climático en Chile se inició formalmente con un estudio encargado por la CONAMA a la Universidad de Chile (2007), que desarrolló el primer conjunto de escenarios de cambio climático para el país.

En base a esto se puede decir que lo que ocurrirá será un desplazamiento de las distintas zonas climáticas que posee el país de norte a sur, lo que pondrá en riesgo las labores productivas de la economía regional, pues estaría en dificultades el desarrollo de las actividades económicas a las que se dedican miles de personas en la zona, puesto que los cambios en la conformación climática no permitirían obtener los resultados y rendimientos

que actualmente se obtiene en las cosechas de los predios en esta porción del territorio.

Se afirma que el cambio climático afectará particularmente a los regímenes de precipitación, afectando la disponibilidad de agua, existiendo una tendencia a la disminución de las lluvias en una cantidad que va entre el 40 y el 10% entre Copiapó y Puerto Montt (Santibáñez, 2008).

El Plan de Adaptación Nacional (PAN) al Cambio Climático define los elementos constitutivos de un plan de adaptación nacional y fija los lineamientos generales para cada uno de estos elementos.

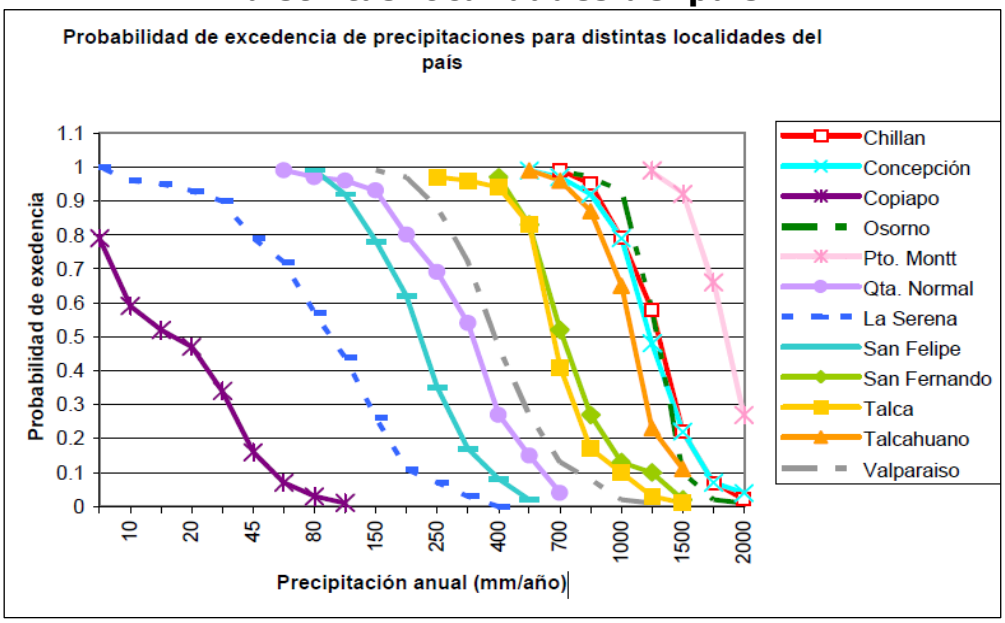
El PAN está compuesto de tres partes. La primera parte tiene un carácter genérico y conceptual en el que se definen los conceptos básicos relacionados a la adaptación y al cambio climático y el rol que tiene el gobierno en la tarea de adaptación. La segunda parte define los posibles cambios climáticos esperados para el país al igual que los posibles impactos y vulnerabilidades de los distintos sectores y finalmente, la tercera parte define la estructura del PAN propiamente dicho, incluyendo la institucionalidad de la adaptación al cambio climático desde el Estado, lineamientos sectoriales y de implementación del PAN.

8.5.2. Evolución del clima en Chile y en la Zona Central

El clima del territorio ofrece una gama amplia de posibilidades para la producción agrícola y forestal. Se contrapone a esta ventaja comparativa, la fuerte variabilidad climática que somete periódicamente a una extensa región del territorio a los impactos de sequías que provocan importantes pérdidas de producción.

Las precipitaciones experimentan un aumento gradual de norte a sur en la medida que la influencia anticiclónica propia del desierto se va debilitando. Esto hace que los climas se cambien gradualmente haciéndose más húmedos y menos variables hacia el sur, lo que se aprecia en el gráfico siguiente (CAMC_10).

Gráfico 8-4 Probabilidad de excedencia de precipitaciones para distintas localidades del país



Evolución de las precipitaciones con la latitud, expresadas (mm/año) según la probabilidad de excedencia para distintas estaciones pluviométricas

El régimen pluviométrico de la mayor parte del territorio chileno muestra una tendencia secular decreciente. De acuerdo con los pronósticos de los modelos de circulación general de la atmósfera, hay una probabilidad importante de que las zonas norte y central del país puedan sufrir una disminución de sus recursos hídricos poniendo a la agricultura en una situación de gran vulnerabilidad.

Años de ocurrencia de eventos de "El Niño" (Quihn et al., 1978):

- Eventos Intensos (4): 1763, 1770, 1791, 1804, 1814, 1828, 1828, 1845, 1864, 1877,1884, 1891, 1891, 1899, 1911,1918, 1925, 1941, 1957, 1972, 1982, 1987, 1997.
- Eventos Moderados (3): 1817,1819, 1821, 1824, 1832, 1837, 1868, 1871, 1880,1887, 1896, 1902, 1905, 1914, 1929, 1939, 1953, 1965, 1976, 1996, 1991, 1992, 1993,1994.
- Eventos Débiles (2): 1803, 1846, 1850, 1852, 1854, 1855, 1857, 1862, 1866, 1888,1917, 1923, 1932, 1940, 1943, 1944, 1951, 1969.
- Eventos muy Débiles (1): 1829,1875, 1889, 1946, 1948, 1963, 1975.

En las próximas décadas esta actividad económica deberá crecer proporcionalmente al aumento de la demanda interna por alimentos y materias primas y de la participación del sector agrario en las exportaciones chilenas. Este crecimiento generará una presión creciente sobre los recursos naturales, especialmente sobre el agua y los suelos.

En los próximos 40 años la disponibilidad de tierras arables caerá desde 0,38 ha/hbte a unas 0,26 ha/hbte, esto significa un 32% de reducción con respecto a la situación actual, lo que obligará a una sensible mejoría en la productividad de las tierras arables. Este incremento de productividad encontrará en los cambios climáticos una de las principales adversidades, especialmente en las zonas áridas y semiáridas del territorio.

El requerimiento adicional de agua en situaciones futuras deberá provenir, ya sea de un mejoramiento en la eficiencia de los sistemas de riego, de la ampliación de las obras de regulación hidrológica o de un uso más exhaustivo de las actuales fuentes de agua. Probablemente estos tres aspectos deberán participar conjuntamente en la satisfacción de las necesidades de incrementar la eficiencia del uso de los recursos hídricos en Chile, los cuales continuarán en proceso de contracción en la zona central.

Cuando la retirada invernal del anticiclón del Pacífico no ocurre, los frentes se ven impedidos de llegar hasta la zona central provocándose una sequía pluvial. Las razones de esto aún no están claramente explicadas, aunque hay evidencias de que la posición del anticiclón está asociada a las temperaturas del mar. Cuando las temperaturas se elevan entre uno y cuatro grados por sobre lo normal, como producto de la llegada de aguas cálidas del Pacífico Ecuatorial (Oscilación del Sur o fenómeno de El Niño) el anticiclón se retira mar adentro y en algunos casos se bifurca, creando dos centros de alta presión que dejan un pasadizo por donde ingresan los frentes productores de lluvia. Las variaciones seculares del régimen de precipitaciones pueden estar asociadas a un desplazamiento permanente o cíclico del anticiclón del Pacífico hacia el sur. Esto ha reducido los montos pluviométricos anuales de la zona comprendida entre Coquimbo y Valdivia,

que va de un 20% a un 30% con respecto a lo existente a principios del siglo actual, provocando un desplazamiento de las isoyetas hacia el sur a una tasa anual de 0,3 a 0,4 kilómetros.

Durante los años secos, en general el mar tiende a estar más frío de lo normal, provocando un reforzamiento del anticiclón, el que avanza anormalmente hacia el sur aun en invierno, provocando un bloqueo de los frentes (fenómeno de La Niña o antiniño).

Aunque se han tratado de establecer ciclos de sequía en la historia pluviométrica de la zona central, no parece existir un patrón cíclico definido. La típica ciclicidad de la actividad solar no se refleja en las series pluviométricas como un factor decisivo forzante de sequías. La Oscilación del Sur o efecto del Niño parece ser el mayor efecto forzante de la alternancia del régimen pluviométrico. Esta oscilación de aguas frías y calientes del océano Pacífico Sur no tiene ciclos definidos, lo que dificulta las posibilidades de predicción del fenómeno.

No todos los episodios de El Niño presentan anomalías positivas en la precipitación. Por ejemplo en Santiago, de los 18 eventos ocurridos, cinco exhibieron una precipitación menor a la normal. En los 13 restantes, la precipitación fue superior al monto promedio para esta localidad, destacando el año 1997 con un aumento pluviométrico de 127% (DGAC, 2008). Además, cabe destacar que durante la década de 1990, más del 50% de los eventos hidrometeorológicos desastrosos ocurrieron durante años El Niño (Díaz, 2001).

A nivel agrícola, El Niño ha generado condiciones propicias para el desarrollo y proliferación de plagas y enfermedades vegetales, comprometiendo no sólo el volumen, sino también la calidad de los productos agrícolas, afectando de esta manera los ingresos y los costos directos de producción por un aumento del uso de agroquímicos. Esta situación se presentó durante El Niño 1997, cuyos efectos se encuentran resumidos en las siguientes tablas, tanto para las lluvias invernales como para las primaverales. Ramírez (2005), indica que durante este episodio de El Niño, los organismos públicos

incurrieron en un gasto de US$ 217.000.000 y las pérdidas en las exportaciones agrícolas alcanzaron en promedio un 2,7%.

En relación a los parámetros térmicos, González (2006) sostiene que si el Niño condiciona períodos invernales cálidos, existirá riesgo de menor acumulación de horas frías (hasta un 40%); estas circunstancias generarán alteraciones fisiológicas en los frutales de hoja caduca: retraso en la apertura de yemas, brotación irregular y dispersa y caída de yemas, entre otras (Melgarejo, 1996, citado por González, 2006).

Durante los eventos de La Niña se produce una disminución de la precipitación y temperaturas. En la zona norte y centro del país los máximos relativos a los efectos en las horas de frío se registran en períodos del evento de La Niña.

Uno de los períodos secos más estudiados fue el acaecido durante los años 1968/69, el cual se extendió desde Copiapó hasta Concepción y cuya evaluación de pérdidas generales sugieren que habría tenido un costo aproximado a los mil millones de dólares. En la agricultura de secano la sequía de 1969 produjo una pérdida considerable superior al 65% de la producción promedio anual. Las pérdidas en la masa ganadera alcanzaron el 45% de los animales y debido al déficit de los embalses, la superficie de riego decreció en un 40%.

En 1985 se vivió un proceso de sequía de menor intensidad. Las precipitaciones anuales disminuyeron a un tercio entre Choapa y Talca, siendo afectado principalmente el secano, dado que en la zona de riego la acumulación de agua en los embalses y la adecuada distribución permitió el abastecimiento normal (DGAC, 2008).

A principios de 1996 el Gobierno de Chile declaró "Zona de Emergencia Agrícola" desde la III hasta la X Región. Según la Sociedad Nacional de Agricultura, la falta de agua provocó bajas en los rendimientos del orden de un 30% a un 70% en los cultivos tradicionales.

Antecedentes históricos de heladas en la región del Maule se tienen en octubre de 1968, octubre de 1969, octubre de 1991, septiembre de 2005, y julio de 2007 entre otros. Las heladas ocurridas durante el invierno del 2007,

fueron las más desastrosas de los últimos 50 años, no sólo debido a la extensión del territorio afectado sino también a la frecuencia, intensidad y duración de éstas, superando en nueve veces las heladas promedio de un año normal (Soza, 2007).

8.5.3. Proyecciones de los modelos climáticos

Las proyecciones de los modelos matemáticos para la simulación del Cambio Climático, buscan interpretar las tendencias del cambio mediante los indicadores climáticos extremos (ICE) de diversas variables (EEX_10) Universidad de Chile-C.F.Villarroel.

Los indicadores climáticos extremos de precipitación y temperatura propuestos por el Expert Team on Climate Change Detection Monitoring and Indices (ETCCDMI), es a partir de series diarias de temperaturas extremas y precipitación en 17 puntos a lo largo de Chile correspondientes al periodo 1961-1990. Con el fin de proyectar su comportamiento para fines del siglo XXI, se realizaron simulaciones bajo el escenario futuro SRES A2 del modelo regional climático PRECIS (Providing Regional Climates for Impact Studies) para 1961-1990 y 2071-2100. Se calcularon los indicadores ya mencionados para cada uno de los dos períodos de 30 años. Del análisis de los datos de temperaturas extremas diarias y precipitación diaria generados en las simulaciones de PRECIS, se concluyó que el modelo reproduce adecuadamente en todas las estaciones el ciclo anual y la distribución de frecuencias de las temperaturas extremas, pero revelando subestimaciones de los valores medios mensuales en la región norte y sobrestimaciones de los mismos en la región central y sur. En relación a la precipitación PRECIS en general la subestima, logrando reproducir en forma satisfactoria el ciclo anual sólo en la región entre 30°S y 41°S.

Este estudio y otros recientes demostraron que la temperatura mínima diaria aumentó significativamente en el periodo 1961-1990, entre los 18°S y 40°S. Por otra parte se observó un incremento significativo en el porcentaje de días al año cuando la temperatura máxima sobrepasa el

percentil 90% (noches cálidas), en el número de días con temperatura máxima por sobre los 25°C (días de verano) y en la frecuencia de días con temperatura mínima superior a 20°C (noches tropicales), mientras que los indicadores de extremos fríos disminuyeron su frecuencia. Asimismo, en un porcentaje importante de indicadores se observa que la tendencia cambia al considerar un periodo más extenso (1961-2010), demostrando que la variabilidad decadal incide significativamente en las tendencias climáticas, lo que conlleva a incertidumbre en la interpretación futura.

La resolución horizontal utilizada fue de 25 km por 25 Km y 19 niveles en la vertical y anidado sobre el dominio de Chile Continental. Las simulaciones de PRECIS para Chile fueron realizadas para dos escenarios de cambio climático, SRES A2 y SRES B2, para dos periodos de tiempo, la línea de condición base 1961-1990 (línea base) y la proyección futura 2071-2100.

En este estudio se utilizaron las simulaciones del escenario más severo A2, para los periodos citados, para las variables de superficie temperatura máxima, mínima y precipitación diaria.

En relación a la precipitación y sus indicadores asociados el modelo PRECIS logra reproducir el ciclo anual a partir de los 30°S al Sur, es decir representa con fidelidad la zona central donde se sitúa la región del Maule.

La simulación PRECIS bajo el escenario SRES A2 proyecta para fines del siglo XXI una mayor frecuencia de eventos cálidos y una menor frecuencia de eventos fríos sobre Chile. En este ambiente más cálido también existen cambios asociados con la precipitación que en general se estima que será menos frecuente y menos intensa.

Los cambios futuros más significativos de los indicadores de eventos extremos seleccionados para el escenario más severo de cambio climático en el periodo 2071-2100 para la zona central de Chile son:

La temperatura máxima (TX) aumenta en promedio alrededor de 1,8°C y la temperatura mínima (TN) aumenta su valor medio en 3,1°C. El periodo (SepOctNov) representa los cambios más notables. Aumentos de la temperatura implica impactos importantes en la agricultura de la región, por ejemplo, un invierno más cálido implica que se adelanta el proceso

reproductivo y como consecuencia indirecta se obtiene una calidad inferior de los productos. Es interesante analizar porque este aumento se observa en el clima actual y se proyecta en el futuro principalmente en ciudades urbanas, por ejemplo, Santiago, Curicó, Chillán y Concepción, probablemente el efecto urbano no sólo está relacionado con el incremento de la TN sino también influya una modificación en la circulación de los flujos de viento promoviendo este cambio en la TX. Otros de los impactos que podría ocasionar el aumento de TX, sería el incremento de la tasa de evapotranspiración e indirectamente un mayor consumo de agua. El aumento de la frecuencia de eventos más cálidos en la región central es un tema de suma importancia para futuras investigaciones, principalmente en el área de salud y bienestar humano.

Se proyecta una reducción de FD0 (número de días con heladas) de 9 días al año como promedio en la región central, mientras que las heladas más intensas FD-2 desaparecen casi por completo en el clima futuro proyectado con PRECIS, principalmente en la Región del Maule. Una menor frecuencia de eventos de heladas principalmente en época de primavera dejarán de ser perjudiciales, ya que se exponen a un menor impacto en el proceso reproductivo de algunos cultivos de la región (José Curihuinca, comunicación personal).

Se estima una disminución de la cantidad de precipitación del 32% y una reducción de la precipitación extremadamente fuerte (R30mm) en un 30%. También disminuirá el número de días con precipitación sobre 1 mm (RND) en un 19%. Con esto, la intensidad de la precipitación disminuirá en promedio entre un 20%-30% (SDII), mientras que el máximo de precipitación en 5 días (Rx5day) lo hará en un 20%-60%. Los cambios más notables ocurren en consecuencia con la estructura espacial del desplazamiento de los sistemas frontales. Esto último podría sugerir que la disminución de la precipitación al lado Oeste de la cordillera de Los Andes se puede deber a un efecto de gran escala, producto de la reducción o desplazamiento hacia el Sur de los sistemas ciclónicos.

Los resultados obtenidos en el estudio "La economía del cambio climático en Chile" (CEPAL, 2012) complementaron los esfuerzos desarrollados por el

Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile. Mediante la evaluación de proyecciones climáticas del modelo de clima global HadCM3 se evaluó el impacto potencial que el cambio climático puede tener en un gran número de sectores productivos. De acuerdo a este estudio, las proyecciones de cambio climático para Chile indican disminución en las precipitaciones y un alza en la temperatura (CC090).

Estas proyecciones son consistentes con las tendencias históricas estudiadas por Falvey y Garreaud (2009), que analizaron las tendencias de la temperatura media monitoreada por distintas estaciones meteorológicas, detectando un alza significativa en la zona cordillerana y en el valle central del país. Respecto a las precipitaciones Quintana y Aceituno (2006), identificaron una disminución en la tendencia histórica, mostrando también una disminución más marcada en la zona central de Chile.

Se incluyen a continuación algunos de los mapas del estudio que reflejan las tendencias mencionadas.

En relación a la temperatura (Figura 8-5), a nivel nacional se proyecta que los mayores aumentos sean del orden de 2 a 4° C, asociándose estos mayores aumentos a la zona central de Chile y siendo más marcados en la zona del valle central y la zona cordillerana.

En relación a las precipitaciones (Figura 8-6), se ha detectado un descenso bastante marcado al menos para la zona central del país, existiendo mayor incertidumbre para las regiones extremas.

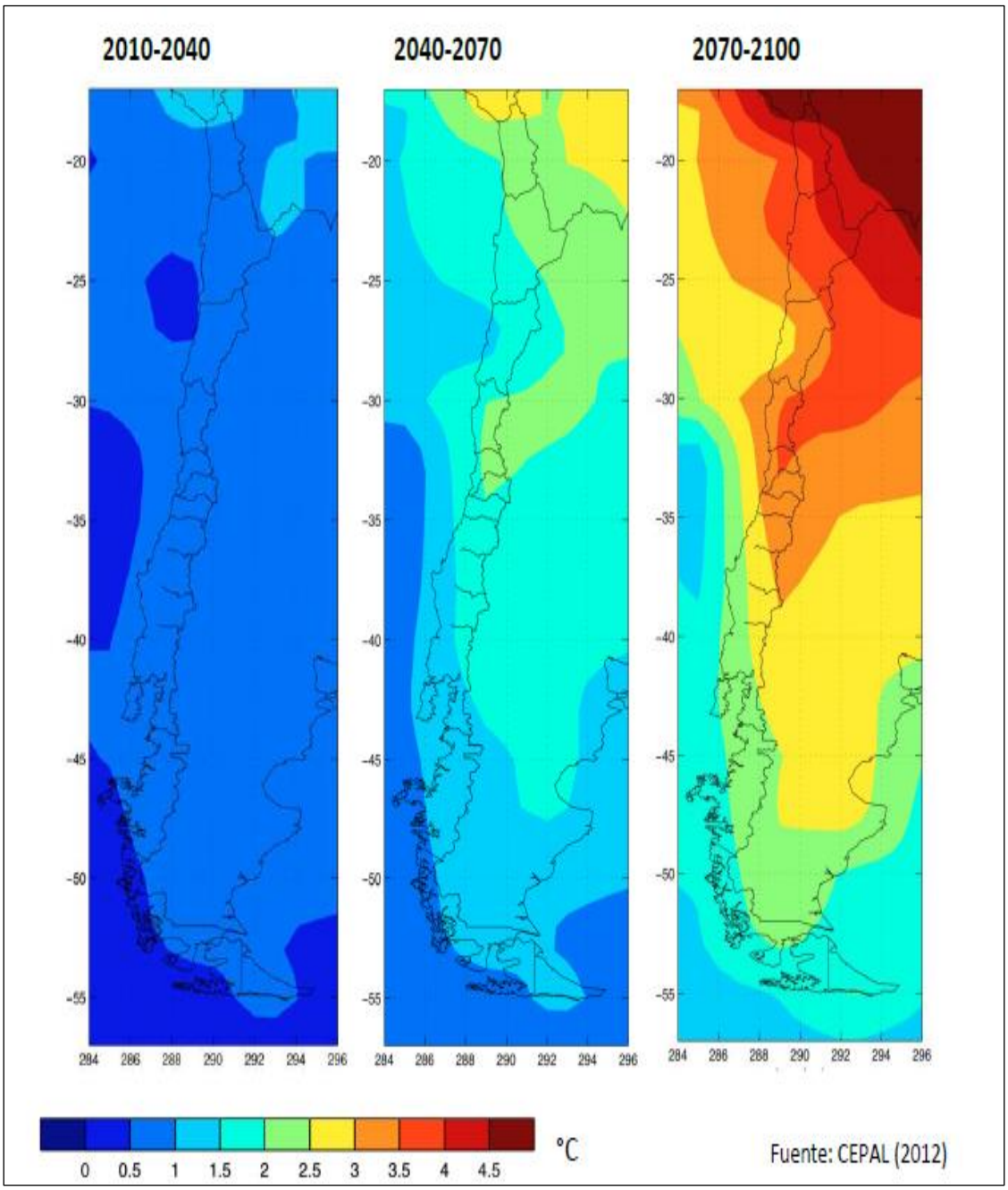
El estudio de CEPAL (2012) estimó la probabilidad de eventos de sequía en base a los escenarios climatológicos obtenidos (Gráfico 8-5). Habiendo definido un evento de sequía como aquel periodo de 2 años seguidos en que las precipitaciones caen por debajo del percentil 20, se evaluó el número de eventos proyectados para periodos futuros de 30 años (temprano, medio y tardío). La proyección general fue de un alza en el número probable de sequías, identificándose incluso sequías permanentes hacia fines de siglo, sobre todo para la zona centro y centro norte del país.

En relación a crecidas e inundaciones fluviales, el mismo estudio (CEPAL, 2012), proyecta un decrecimiento de eventos de precipitación de alta

intensidad. Sin embargo, la ocurrencia de una crecida puede también ser consecuencia de eventos de precipitación asociados a temperaturas mayores, donde el volumen de precipitación liquida es mayor. En este sentido, se proyecta que la frecuencia de estos eventos cálidos aumente como consecuencia del cambio climático.

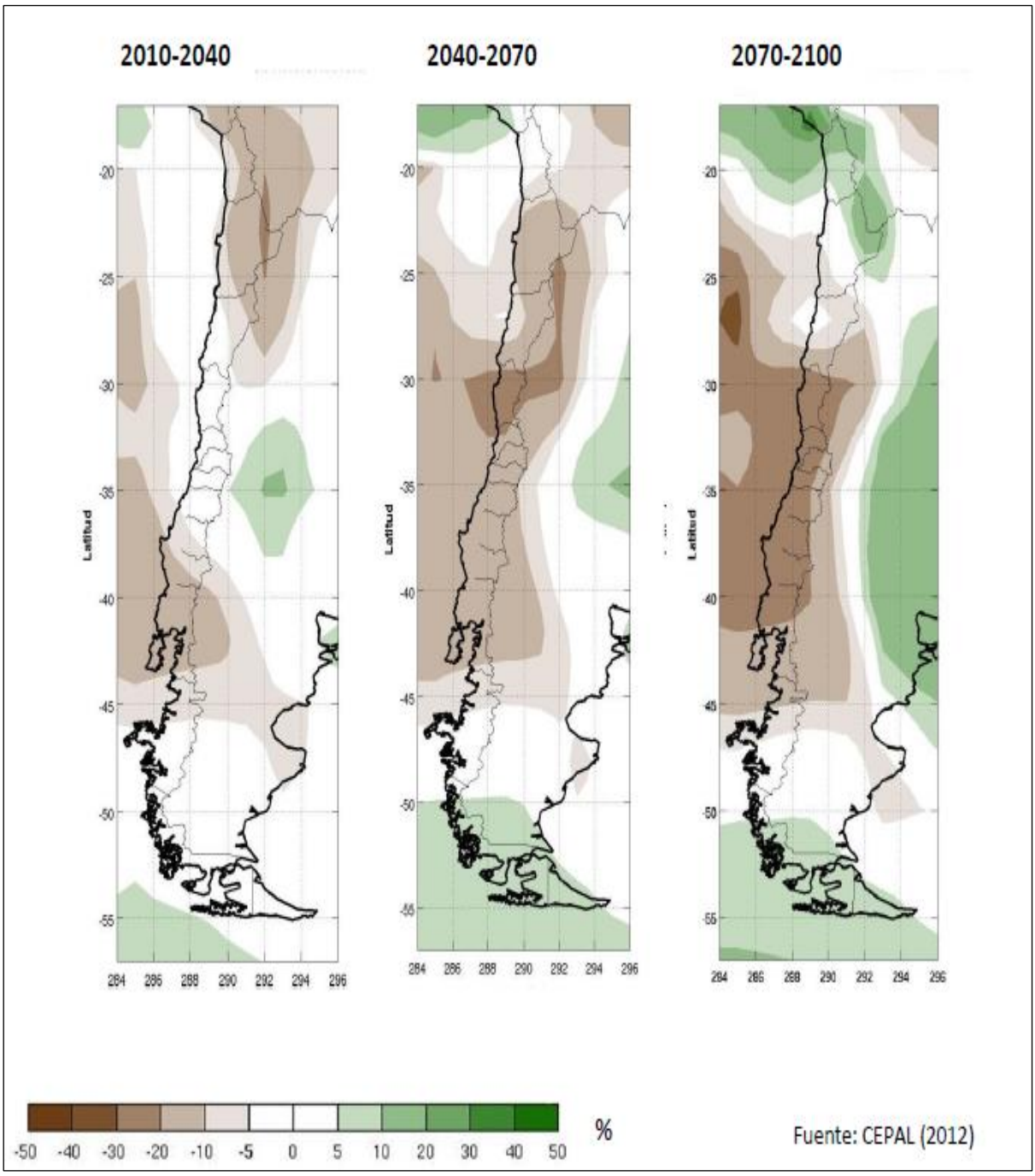
Los recursos hídricos son un área de máxima prioridad, debido a que múltiples actividades dependen de ellos. Un ejemplo del impacto esperado del cambio climático sobre los recursos hídricos se presenta en el siguiente Gráfico.

Figura 8- 5 Proyecciones de Temperatura



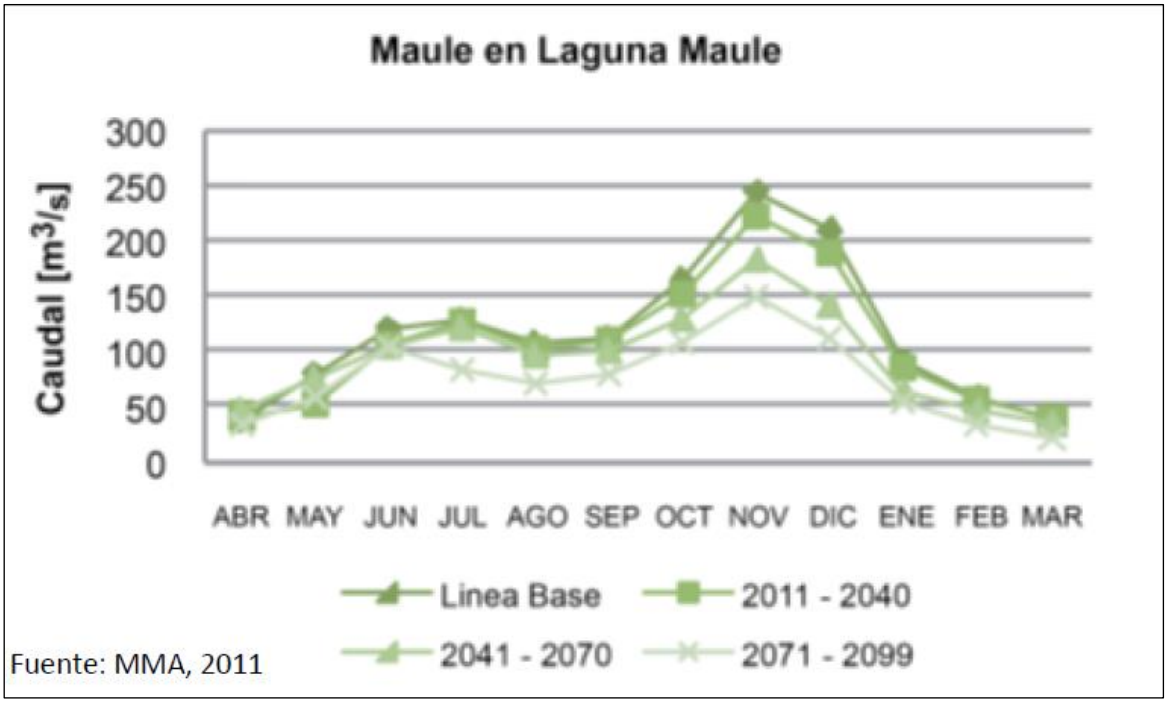
Fuente: Proyecciones de temperatura en el escenario HadCM3-A2, cambio en grados Celsius sobre base histórica.

Figura 8- 6 Proyecciones de las Precipitaciones



Fuente: Proyecciones de precipitaciones en el escenario HadCM3-A2, cambios porcentuales sobre base histórica.

Gráfico 8-5 Condiciones hidrológicas promedio en Laguna Maule. Situación base histórica con tres periodos futuros. Escenario HadCM3-A2



Fuente: MMA, 2011

Se puede observar cómo, en la medida que se evalúan periodos más tardíos, el volumen de agua disponible tiende a ser menor. Se ha detectado que existe una correlación directa entre esta disponibilidad y la acumulación de nieve en el manto nival (Masiokas et al., 2006). Esto último coincide con el retroceso observado en distintos glaciares del país. Por otro lado, estudios recientes han identificado que los caudales máximos tienden a suceder más temprano durante el año (cambio en la estacionalidad), lo que se ha visto altamente correlacionado a altas temperaturas proyectadas y el consecuente derretimiento anticipado de la nieve acumulada.

8.5.4. Potenciales Escenarios

En relación con los escenarios climáticos establecidos en los TdeR para los 5, 10 y 20 años, se fijan como tal los años del 2020, 2025 y 2035, para los que se construirán los escenarios en función de los resultados del modelo climático global y la información regional de pequeña escala PRECIS, de precipitación y temperatura extremas, con lo que se mejora la simulación de los detalles espaciales climáticos.

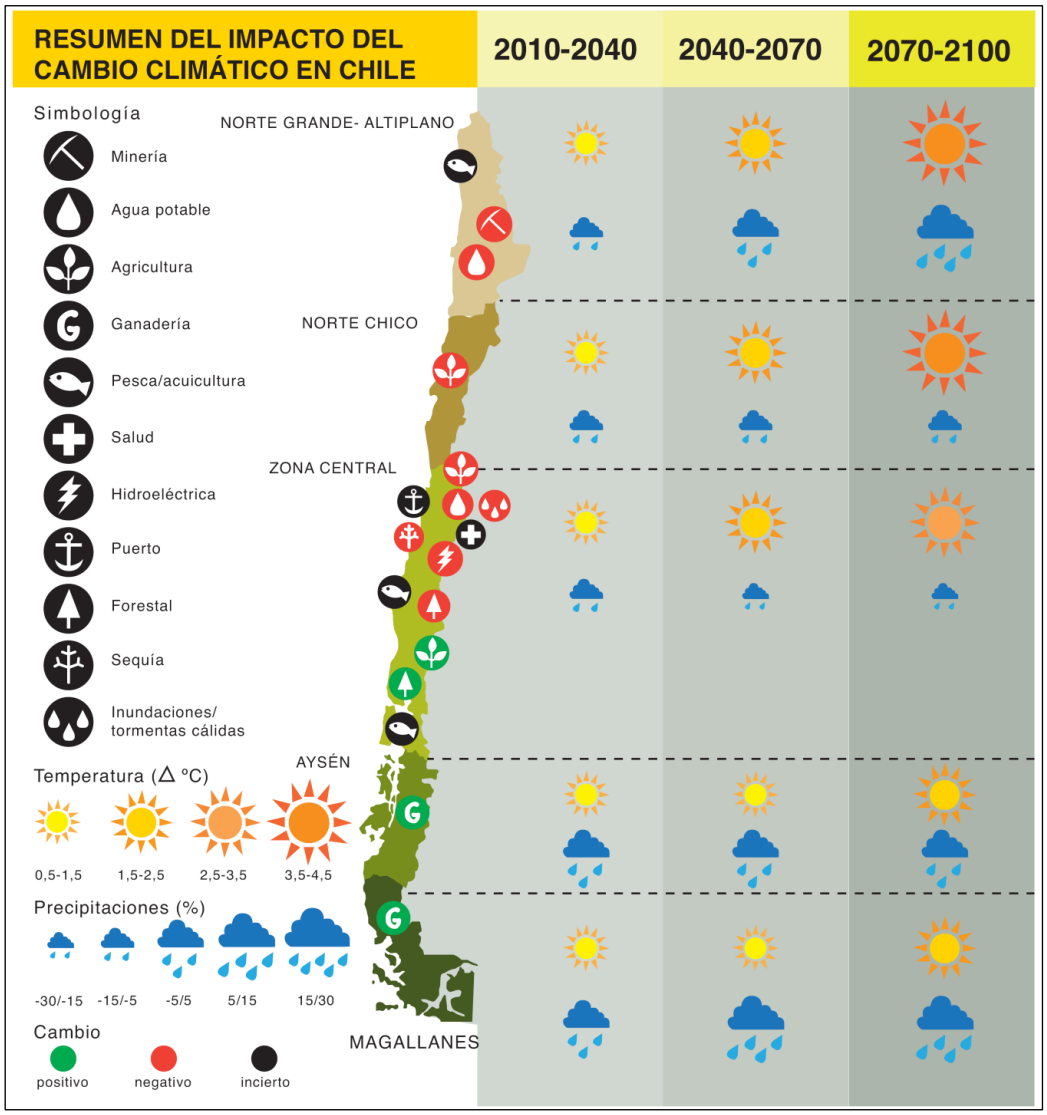
Con respecto a los escenarios futuros esperados en las cuencas de la Zona Central, se puede apreciar que los cambios de precipitación y temperatura asociados a estos escenarios implican para finales de siglo (2070-2100) un aumento de 4,2 y 3,1°C para los escenarios de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) A2 y B2 respectivamente, además de 30 y 15% de reducción de precipitaciones ante los mismos escenarios. El escenario A2 corresponde a un escenario de alto nivel de emisiones de GEI mientras que el escenario B2 corresponde a un escenario moderado de emisiones. Estas proyecciones climáticas se obtienen de los resultados de la simulación llevada a cabo con un modelo de clima global desarrollado por la oficina meteorológica de Gran Bretaña (modelo HadCM3).

Algunas recomendaciones sobre el estudio son las siguientes:

- Es necesario recopilar mayor cantidad de información de estaciones pluviométricas, oficiales y privadas que tengan registros con periodos largos de información y cubran la mayor parte del país.
- Una variable que debe ser evaluada son las series temporales de las descargas de los ríos porque proporcionan medidas indirectas de la precipitación de toda la cuenca.
- Hay que tomar medidas y acciones para disminuir la vulnerabilidad de las áreas que muestran mayor incidencia de sequías con cambios de tecnología y políticas gubernamentales. En el contexto del cambio climático podrían amplificarse las vulnerabilidades de ciertos sectores socioeconómicos.

- Por las limitaciones de la información disponible y las incertidumbres inherentes al modelo, los resultados de este estudio deben considerarse solo como una aproximación del clima futuro, haciéndose énfasis en las tendencias identificadas más que en los valores absolutos.

Figura 8-7. Representación esquemática de los impactos del cambio climático y su relación con las proyecciones climáticas futuras



Fuente: CEPAL

8.6. CONCLUSIONES. MEDIDAS A ADOPTAR FRENTE A EVENTOS EXTREMOS

Chile dispone de una gran variedad climática con distribución temporal y espacial de temperaturas y precipitaciones que favorecen la generación de eventos extremos, agravada con frecuencia por el fenómeno El Niño. Adicionalmente existen grandes áreas del territorio donde hay una alta vulnerabilidad a estos eventos que generan riesgos climáticos. Previsiblemente la situación será más difícil en el futuro porque los estudios de cambio climático vaticinan un incremento de estos eventos.

Existen numerosos documentos y estrategias donde se hace mención a estos riesgos, como las Estrategias Regionales frente al Cambio Climático y el Plan de Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático en el Sector Agrario periodo 2012-2021, donde se da a estos problemas un tratamiento general mediante actuaciones.

Estas actuaciones son de muy diversa índole, prácticamente la totalidad son actuaciones estructurales y no se discrimina la importancia de unos u otros, mezclándose actuaciones de cierta relevancia con otras de menos rango. Es decir, el Plan carece de un análisis de valoración y homogeneización de actuaciones. Estas son en su mayoría actuaciones correctivas -más que preventivas- y no se complementan con medidas no-estructurales. Sin embargo, el trabajo orienta mucho respecto a las zonas donde pueden ocurrir estos eventos:

- La mayoría de las actuaciones propuestas ante el riesgo de inundación son diques de contención, espigones, enrocados, en definitiva encauzamientos, abundan también las descolmataciones y solo algunas pocas salen de esa tónica general, capacitaciones a usuarios, forestación de riberas.
- La mayoría de las actuaciones propuestas ante eventos de deslizamiento son construcción de muros de contención, encauzamientos y eventualmente hay alguna actuación de revestimiento de canales, drenaje, reforestación, descolmatación y cunetas de evacuación.

- En relación con las actuaciones propuestas ante eventos de aluviones, predominan igualmente los muros de contención y hay algunas actuaciones de descolmatación y limpieza de cauces, construcción de drenes y reforestación.
- Las actuaciones planteadas ante eventos de sequía son actuaciones de limpieza y descolmatación de canales, mejora de canales; pero hay otras muy diversas, como la construcción de reservorios, instalación de sistemas de riego tecnificado, capacitación en uso eficiente del agua, reforestaciones, perforación y rehabilitación de pozos.
- En definitiva, gran parte de estas actuaciones previstas están más encajadas en la conservación de cauces, rehabilitación de infraestructuras dañadas o colmatadas que no son el fin de un programa de actuaciones preventivas ante eventos extremos. Esto no significa que las actuaciones propuestas no sean necesarias, sino que son soluciones a problemas muy locales que en la mayoría de las veces hay que resolver, pero no responden a planteamientos de soluciones globales con medidas estructurales y no estructurales para resolver problemas de inundaciones o sequías en un área de cierta entidad. Únicamente en la gran variedad de propuestas en el caso de las sequías, se considera que hay una mayor ambición al atacar las causas del problema, lo que no ocurre en el caso de las inundaciones en las que se actúa reparando una situación sin abordar sus causas y por tanto, los problemas podrían repetirse.

Por analogía con el tratamiento de las inundaciones -el evento más frecuente y más dañino, en términos globales, para hacer frente a los eventos extremos-, hace falta un conjunto de medidas estructurales y no estructurales a seleccionar en cada caso particular, pero que en la mayoría de los casos, la solución ideal será un conjunto de ambas.

Con carácter general se asocia, por una parte, los eventos que se producen por un exceso de precipitación: inundaciones, remociones en masa y aluviones y por otra parte, las sequías, puesto que ambas categorías tienen

un tratamiento distinto, aunque con puntos en común respecto a la planificación que se irán acotando posteriormente.

Una medida común inicial a todos los eventos extremos, es el mayor conocimiento posible del problema. Es decir, se trata de localizar las zonas en las que se han producido los mayores daños en el pasado y hacer un análisis con profundidad de lo ocurrido: recurrencia del fenómeno, magnitud de los daños, zona afectada y establecer unas categorías para priorizar las actuaciones en función de los daños que puedan producir, con el fin de obtener el máximo beneficio en reducción de riesgos con las inversiones a realizar. De esta forma se obtendrán zonas donde los daños que se puedan producir sean muy graves y en ellos se deberán concentrar los esfuerzos. Los trabajos realizados para el conocimiento de los fenómenos naturales por inundación, deslizamientos, y sequías es un excelente comienzo, pero adolece de la falta de análisis en el sentido que se utiliza en la Comunidad Internacional. Es decir, hacer un análisis inicial de evaluación de los riesgos considerando los eventos históricos, pero teniendo en cuenta solo aquellos de riesgo significativo y posteriormente, realizar mapas de riesgo solo en esas zonas de riesgo significativo, donde se deban explicar las medidas estructurales y no estructurales necesarias para minimizar o reducir esos riesgos.

En relación con las actuaciones estructurales, ya se ha comentado que la más eficaz es la construcción de embalses en el caso de inundaciones. Esta es una de las deficiencias importantes que tiene la región del Maule y que le afecta, tanto en la disponibilidad del recurso, como en la laminación de las grandes crecidas. Un notable incremento de embalses en las cabeceras de las cuencas sería una excelente medida para solucionar ambos temas. En el caso de ríos, también se pueden utilizar zonas de almacenamiento controlado o derivaciones para atenuar las crecidas. La reforestación en las zonas altas de las cuencas es también una excelente medida para reducir los caudales punta de las crecidas.

También son frecuentes los encauzamientos, diques de protección y obras de defensa. En general no es recomendable canalizar los ríos por motivos ambientales e hidráulicos, aunque son necesarias estas actuaciones cuando

son imprescindibles para proteger a la población. En otros casos, debe analizarse cuidadosamente, de forma económica y ambiental, si el coste de la protección supera el valor de lo protegido, circunstancia que ocurre con no poca frecuencia.

También es importante reducir la duración de las crecidas que muchas veces se dilatan en el tiempo, bien por insuficiencia de drenaje de las obras viales que cruzan los cauces, o bien, por obstrucciones en puentes y otros obstáculos. Las crecidas afectan a las propias obras viales, produciendo incomunicación en centros urbanos y terrenos agrícolas, por lo que reducir la duración de sus efectos tiene una componente económica de gran valor. En el caso de la remoción en masa y deslizamientos, los muros de contención suelen ser eficaces. En los segundos, las obras de drenaje adecuadas para complementar a los elementos de retención pueden ser muy eficaces.

En estos dos últimos tipos de eventos, la descolmatación de las áreas de descarga y la reforestación son actuaciones beneficiosas.

En relación con las medidas no estructurales, las más importantes son las siguientes:

- *Ordenación territorial*: es de los aspectos más eficaces en la lucha contra las crecidas al tener un dispositivo legal que impide los asentamientos en los cauces y áreas adyacentes que suelen dar lugar al mayor número de víctimas. Una legislación de Ordenación Territorial asociada a las potenciales inundaciones es de gran relevancia.
- *Mapas de riesgo*: son un instrumento muy eficaz de carácter preventivo que debe combinarse con las medidas de ordenación territorial y de los usos del suelo. Los mapas de riesgo en los que se representan las zonas inundables para crecidas de diferente periodo de retorno y además las principales magnitudes de la propagación de la onda de crecida -alturas de la lámina de agua y velocidades del agua- son muy eficaces en la planificación de actuaciones de defensa respecto a elementos de riesgo ya existentes, pero también en la

prevención de nuevos usos del suelo, porque indican a los gestores del urbanismo donde pueden permitir determinados usos del suelo (viviendas, servicios públicos locales, hospitales, escuelas). Los mapas de riesgo requieren estudios complejos de geomorfología, hidrología e hidráulica, pero con las modernas técnicas cartográficas son muy abordables en tiempo y coste. Estudios de este tipo resultan muy recomendables.

- *Sistemas de alerta temprana*: es uno de los mecanismos más eficaces para atenuar las consecuencias de las avenidas. En las cuencas largas normalmente los sistemas de alerta establecidos permiten la toma de decisiones por la autoridad hidráulica y de aviso a Defensa Civil con tiempo suficiente para actuar en la protección a la población y es donde estos sistemas tienen mayor utilidad. Deben estar comunicados con la predicción meteorológica y tener modelos de propagación de la onda de crecida que anticipen la situación en distintas zonas del río. En las cuencas cortas, donde se producen crecidas relámpago, son poco eficaces y las mejores soluciones son las estructurales (encauzamientos, diques de retención). En el caso concreto de la Región del Maule, existe un mecanismo de alertas establecido en el Plan Regional de Emergencia de ONEMI MAULE del 2015, donde se establecen los protocolos de actuaciones. También se disponen de las resoluciones ministeriales del ONEMI-DGA del 15 de febrero del 2015, que establecen sistemas de alerta por inundaciones hacia aguas abajo, en función de la altura del agua en puntos de control de niveles de la red hidrométrica de la DGA en el que se definen los umbrales de emergencia por inundaciones, mediante el límite amarillo superior y el límite rojo superior.
- *La planificación de Defensa Civil*: aunque tiene solo una finalidad correctiva, es una garantía que se puedan gestionar con agilidad los medios y recursos necesarios para proteger a la población en eventos extremos. Este tipo de planificación está disponible en la Región del Maule desde el 2015. Los protocolos de comunicación de la autoridad hidráulica con Defensa Civil deben ser claros y ágiles.

- *La operación de embalses y presas derivadoras*: si se gestionan bien en situación de crecidas pueden reducirlas satisfactoriamente. Para que las decisiones sean eficaces deben complementarse con sistemas de alerta temprana que avisen de los hidrogramas de entrada en los embalses para su correcta laminación.
- *Seguros frente a inundaciones*: es un instrumento eficaz para evitar, especialmente en la agricultura, la protección de terrenos cuya rentabilidad frente al coste de la protección puede ser dudosa.

Con la integración de todo este conjunto de medidas -solo las necesarias en cada caso- se articularía un Sistema Global de Gestión de Riesgo de Inundación -o por extensión, de eventos extremos- para toda la Región del Maule, similar a los existentes en Europa y que podrían delimitarse y gestionarse al nivel regional. Como se ha mencionado, uno de los elementos claves para la gestión de las crecidas es la coordinación entre administraciones nacional, regional y local y además, con distintos ámbitos competenciales por la naturaleza de las medidas mencionadas. La mejor forma de conseguirlo es mediante estos Planes de Gestión del Riesgo de Inundación que integran a todos las autoridades mencionadas.

En cuanto a las sequías, la naturaleza del problema es muy diferente y debe tener otro tratamiento, porque lo que se busca es la garantía de suministro en situaciones excepcionales. El punto en común con las inundaciones es la planificación del riesgo que en el caso de las sequías, es igualmente asumible, pero los pasos intermedios son muy diferentes, aunque también se pueden mencionar actuaciones estructurales (embalses de regulación, modernización de infraestructuras, canales de conexión, ejecución de pozos) y otras no estructurales o de gestión (reglas de explotación, toma de conciencia ciudadana, reducción de consumo de agua), para llegar finalmente a los Planes de Gestión de las Sequías.

En el anexo 2-7-1 se incluyen otros eventos extremos relevantes para la gestión de los recursos hídricos en la Región, tales como erupciones, Terremotos, incendios y derrames.

9. DIAGNÓSTICO DE EJES ESTRATÉGICOS Y LÍNEAS DE ACCIÓN

9.1. ANTECEDENTES

Uno de los aspectos significativos respecto de la gestión de los recursos hídricos es su transversalidad, ya que involucra elementos de gestión territorial, desarrollo productivo, resguardo de los ecosistemas terrestres y acuáticos, así como aspectos culturales vinculados a un modo de habitar el territorio. Esta multiplicidad de aspectos se ve reflejada no solo a nivel de planificación, sino que también en el desarrollo institucional.

En este capítulo se desarrollan distintos enfoques de planificación de los recursos hídricos, del desarrollo regional, y de la adaptación al cambio climático. De esta forma, se presenta en primer lugar el análisis de documentos de planificación de recursos hídricos a nivel nacional y regional, posteriormente instrumentos elaborados para orientar el desarrollo regional de la región del Maule, y finalmente la planificación nacional para la adaptación al cambio climático.

Una vez presentados estos antecedentes, se realizó un análisis que propuso cinco áreas temáticas principales que reúnen los principales aspectos revisados: planificación y gestión de recursos hídricos, disponibilidad de recursos hídricos, eventos extremos y cambio climático, protección y conservación del medioambiente; y participación ciudadana y cultura del agua. A partir de estas líneas se evaluó la convergencia de los instrumentos de planificación.

Estas áreas temáticas serán utilizadas posteriormente para diagnosticar la institucionalidad nacional respecto de la gestión de los recursos hídricos.

9.2. INSTRUMENTOS PARA LA PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

9.2.1. Política Nacional para los Recursos Hídricos, 2015

Ministerio del Interior y Seguridad Pública. Política Nacional para los Recursos Hídricos 2015. PNRH 2015.

El principal objetivo de la Política Nacional para los Recursos Hídricos (PNRH) es garantizar a las generaciones actuales y futuras, la disponibilidad y acceso al agua en estándares de calidad y cantidad adecuados mediante el uso racional y sustentable de los recursos hídricos, privilegiando en primer lugar el consumo humano. Adicionalmente los siguientes objetivos específicos:

- Objetivo 1.- Diseñar, elaborar e implementar distintos programas y acciones que permitan mitigar los efectos de la sequía que afecta recurrentemente gran parte del territorio nacional y preparar al país para enfrentar de mejor manera los eventos futuros.
- Objetivo 2.- Proponer alternativas de reordenamiento institucional y modificaciones al ordenamiento jurídico que permita gestionar de mejor forma los instrumentos y recursos, con la finalidad de lograr una mejor gestión en los recursos hídricos a tono con la magnitud e importancia de los desafíos actuales y futuros.

En complemento, la PNRH se enmarca bajo las siguientes directrices:

- Directriz 1: La consideración de los escenarios futuros, tendencias y proyecciones más probables en materia de disponibilidad y demanda de recursos hídricos.
- Directriz 2: La sustentabilidad y protección del agua tanto desde el punto de vista de la cantidad como de la calidad.
- Directriz 3: La integración de la gestión de los recursos hídricos con la gestión ambiental.

- Directriz 4: La consideración de las particularidades físicas, bióticas, demográficas, económicas, sociales y culturales de cada una de las regiones del país.
- Directriz 5: La articulación de la gestión de los recursos hídricos con el uso del suelo. La gestión de los recursos hídricos a nivel de cuencas hidrográficas.

Para asegurar su implementación, la PNRH cuenta con los siguientes instrumentos:

- Sistema de información sobre los Recursos Hídricos basado en conocimiento científico.
- Planes Nacionales, Regionales y otro a nivel de las principales cuencas hidrográficas.
- Criterios para definir los usos prioritarios del agua, siendo el primero de ellos, el consumo humano.
- Sistema de tarifas por el uso de los Recursos Hídricos y por la administración de la infraestructura asociada.

Finalmente, define los siguientes Ejes:

EJE 1: El Estado Como Agente Responsable y Participativo

- LÍNEA 1: La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos como Política Nacional
- LÍNEA 2: Fortalecimiento de las instituciones públicas vinculadas con la gestión y administración de los recursos hídricos
- LÍNEA 3: Creación y fortalecimiento de un sistema de información útil para la ciudadanía y los diferentes sectores
- LÍNEA 4: Creación de una nueva cultura en uso eficiente de los recursos hídricos
- LÍNEA 5: Apoyo en el desarrollo energético sustentable del país

EJE 2: Medidas para Enfrentar el Déficit Hídrico

- LÍNEA 1: Reorientar los instrumentos públicos y recursos para enfrentar los desequilibrios hídricos
- LÍNEA 2: Aumento de la oferta y disponibilidad de los recursos hídricos
- LÍNEA 3: Impulsar el desarrollo de nuevas tecnologías para mejorar disponibilidad y ahorro de los recursos hídricos

EJE 3: Marco regulatorio para los recursos hídricos

- LÍNEA 1:Reforma Constitucional Modificaciones al Código de Aguas
- LÍNEA 2:Proyecto de Ley que Regula Los Servicios Sanitarios Rurales

EJE 4: Fortalecimiento en la Participación de las Organizaciones Sociales

- LÍNEA 1: Fortalecimiento de la participación de la ciudadanía y organizaciones sociales
- LÍNEA 2: Potenciar la capacitación de las organizaciones de agua en el ámbito técnico, administrativo, comunitario y legal

9.2.2. Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2012-2025

Ministerio de Obras Públicas. Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2012-2025, 2013

La Estrategia Nacional de Recursos Hídricos para el período 2012-2025 propone medidas bajo una visión mancomunada de los distintos intereses en torno al agua para asegurar, tanto a la actual como a las futuras generaciones, el acceso a este vital elemento, un medio ambiente libre de

contaminación y, a su vez, potenciar el desarrollo económico y sostenible de las actividades económicas que demandan este recurso.

El sector agrícola es el principal usuario de aguas, con una participación de alrededor de un 73% del total, mientras que la minería y los usos industriales comparten un 21%. Por su parte, la hidroelectricidad efectúa el mayor uso no consuntivo del recurso hídrico. El nivel de competencia entre estos usos varía a lo largo del país y es particularmente agudo en las áreas norte y centro, donde la asignación de los derechos de aguas superficiales, y en algunos casos los subterráneos, es cercano o incluso superior a la capacidad de los sistemas hidrológicos.

En este instrumento se presentan cinco ejes estratégicos sobre los cuales se enmarcará el Ministerio de Obras Públicas y la Dirección General de Aguas, para conciliar los distintos intereses y usos, en la elaboración de políticas y generación de reformas:

EJE 1 Gestión eficiente y sostenible.

- LÍNEA 1. Establecer una política que incentive la gestión integrada de los recursos hídricos.
- LÍNEA 2. Protección de la calidad de los recursos hídricos.
- LÍNEA 3. Protección de la cantidad de los recursos hídricos.

EJE 2 Mejorar la institucionalidad.

- LÍNEA 1. Avanzar en la creación de una nueva institucionalidad de aguas.
- LÍNEA 2. Mejorar la información disponible.

EJE 3 Enfrentar la escasez de agua: embalses, recarga artificial de acuíferos, desalación y fuentes no convencionales.

- LÍNEA 1. La construcción de embalses.
- LÍNEA 2. Infiltración artificial de acuíferos.
- LÍNEA 3. La desalación como fuente segura de agua.

- LÍNEA 4. Otras fuentes de agua no convencionales.

EJE 4 Aumentar la cobertura de abastecimiento en las poblaciones rurales (APR).

EJE 5 Potenciar la información ciudadana.

9.2.3. Atlas del Agua, Chile 2016

Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas – Chile, Atlas del Agua Chile 2016

La información presentada en este Atlas y los efectos del cambio climático plantean la necesidad de abordar adecuadamente la sequía y la recurrencia de los eventos extremos. Sin embargo, la institucionalidad, normativa y actual política de gestión del agua no están todavía a la altura para resolver estos problemas. Es por ello que se considera necesario abordar, entre otros, los siguientes desafíos:

- Desafío 1: Crear herramientas adecuadas para la heterogeneidad hídrica de Chile y enfrentar los impactos del cambio climático.
- Desafío 2: Contar con un marco legal e institucional que considere tanto la diversidad y la escasez hídrica como fenómenos reales.
- Desafío 3: Una nueva institucionalidad del agua que permita establecer coordinaciones interinstitucionales para avanzar hacia una gestión integrada del recurso hídrico:
    - Línea 1 Disponer de una Política Nacional del Agua vinculante.
    - Línea 2 Considerar un Plan Nacional de Recursos Hídricos a cinco años.
    - Línea 3 Generar una adecuada gobernanza para la gestión del agua por cuencas.
    - Línea 4 Lograr la implementación de una Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH).

- Desafío 4: Mejorar el conocimiento de los sistemas hídricos del país. Se considera necesario mejorar y ampliar las redes de medición de aguas superficiales y subterráneas de la DGA de manera de disponer de información oportuna que sirva de apoyo en la toma de decisiones.
- Desafío 5: Además de la generación de datos, se requiere avanzar en la Investigación en Recursos Hídricos. Actualmente se trabaja en crear las alianzas necesarias con Universidades y Centros de investigación con el fin de aumentar el conocimiento del comportamiento de los recursos hídricos en el país y que permita abordar su gestión dentro del escenario de incertidumbre climática y creciente escasez hídrica.
- Desafío 6: Los desafíos para los próximos años dicen relación con buscar los mecanismos más apropiados y eficientes para hacer ahorro del agua y abordar con eficiencia las situaciones de escasez.
- Desafío 7: Establecer una cultura del agua en la población desde una aproximación ética.

9.2.4. Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021, MOP 2012

Ministerio de Obras Públicas. Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021. (2012)

El Plan Regional se inserta en el desafío de planificar las intervenciones del Ministerio de Obras Públicas en el territorio para el periodo de tiempo 2012-2021, con identidad regional asociada a su patrimonio histórico, cultural y que apuesta al desarrollo del turismo de intereses especiales.

Objetivo general: "Proveer a la Región del Maule de la infraestructura que requiere para transformarse en una región rural-moderna con tradición y futuro, que integre una fuerte articulación público-privada, que apuesta a convertirse en una potencia agro-alimentaria y forestal promoviendo una identidad asociada a su patrimonio histórico, natural y cultural, sobre la base del desarrollo de las iniciativas que mejoren la calidad de vida de sus

territorios rurales y urbanos, que permitan incrementar su productividad, así como su conectividad nacional e internacional, y que incentiven el manejo integral y el uso optimizado de sus recursos hídricos".

Los objetivos específicos se definen sobre la base de los ejes estratégicos que surgen del objetivo general. Los objetivos específicos que muestran una relación a la formulación del Plan Maestro se describen a continuación:

EJE 1: Apoyo al Desarrollo Urbano y Territorial

- LÍNEA 1: Mejorar la calidad de vida urbana en ciudades, pueblos y borde costero a través de la dotación servicios de infraestructura, reducir el riesgo de inundaciones y remociones en masa, y recuperar el patrimonio arquitectónico.
- LÍNEA 2: Reducir el impacto de riesgo de inundaciones y remociones en masa aumentando la seguridad de asentamientos humanos, infraestructuras, terrenos agrícolas tanto en los sectores pre-cordilleranos, secano interior y bordes costeros marinos y lacustres, mediante la construcción de defensas costeras, fluviales, encauzamientos y contención de laderas.
- LÍNEA 3: Contribuir al desarrollo de infraestructura con eficiencia energética, aprovechando los recursos naturales de la región.

EJE 2: Mejoramiento de la Calidad de Vida Rural

- LÍNEA 1 Mejorar substancialmente el acceso al agua potable rural y saneamiento rural básico en localidades de la región.

EJE 3: Apoyo al Fomento Productivo Regional

- LÍNEA 1: Desarrollar el sector agrícola y forestal a través del aumento de la seguridad del riego y potenciar el turismo rural y de intereses especiales.
- LÍNEA 2: Asegurar el uso eficiente del riego a través de la captación del recurso agua y generar capacitación, acceso, innovación y difusión de ofertas programáticas con el objetivo de mejorar y conservar la infraestructura del riego, mejorando y desarrollando la producción silvoagropecuario.

EJE 4: Contribuir al desarrollo y fortalecimiento de la gestión de los Recursos Hídricos

- LÍNEA 1: Establecer, desarrollar y mejorar la infraestructura de la red hidrométrica; generar estudios específicos; y promover la gestión y manejo integrado de las cuencas hidrográficas.
- LÍNEA 2: Generar estudios para mejorar el conocimiento, asegurar los recursos hídricos y definir nuevas fuentes que permitan aumentar la disponibilidad del recurso en la región.
- LÍNEA 3: Promover la gestión y manejo integrado de las cuencas hidrográficas.
- LÍNEA 4: Mejorar y modernizar los sistemas de información de derechos de aguas, tal que permita implementar programas de saneamiento de derechos de agua; disminuir los tiempos de tramitación y la calidad de respuesta a los usuarios.
- LÍNEA 5: Promover el aprovechamiento sustentable y proteger los servicios ambientales del recurso hídrico en el Marco del sistema de evaluación ambiental

9.2.5. Plan Director para la Gestión de los Recursos Hídricos Cuenca del Río Maule, 2008

DGA. Plan Director para la Gestión de los Recursos Hídricos Cuenca del Río Maule, 2008. PDGRH 2008.

El Plan Director es un instrumento estratégico, su dimensión temporal es de largo plazo, con un horizonte al menos de 20 años y el "territorio" objeto de análisis es el nacional. Es el instrumento de coordinación de las políticas sectoriales en materia de servicios de infraestructura para la conectividad, la protección del territorio y las personas, la edificación pública y el aprovechamiento óptimo de los recursos hídricos, cuyos objetivos y previsiones habrán de adecuarse a las directrices y requerimientos derivados de la política de ordenación del territorio nacional, de las políticas nacionales, de las leyes y de los tratados internacionales entre otros.

Objetivo Central

El objetivo principal del estudio "Plan Director para la Gestión de los Recursos Hídricos Cuenca del Río Maule" es la elaboración de un instrumento de planificación que considere los efectos agregados de las diversas intervenciones locales de tal manera que contribuya a orientar las decisiones públicas y privadas, con el fin último de maximizar la función económica, social y ambiental del agua, en armonía con el medioambiente y con condiciones de equilibrio que permitan la sustentabilidad dentro de una visión de corto, mediano y largo plazo. Para lograr este objetivo, previo a la formulación del Plan, se actualizó y calibró el modelo desarrollado en el estudio "Estudio e Implementación de Modelos Hidrológicos Acoplados a SIG Para el Manejo y Planificación, Cuencas de Maule, Mataquito e Itata" desarrollado por GCF Ingenieros Consultores Ltda. en el año 2006, con el fin de disponer de una herramienta matemática adecuada para describir la operación del sistema Maule, tanto en situación actual como futura, y - de esta manera -facilitar la formulación del Plan.

Objetivos Generales que representan los lineamientos del Plan Director son:

- PD-OG-01 Constituirse como un instrumento que permita mejorar la gestión y administración de los recursos hídricos de la cuenca
- PD-OG-02 Propender la utilización sustentable del recurso, incluyendo la mejora en la eficiencia en el uso del recurso y el fomento a los usos no consuntivos

- PD-OG-03 Potenciar las condiciones necesarias para reducir el nivel de contaminación hídrica
- PD-OG-04 Facilitar la generación de acuerdos público-privados para el desarrollo de proyectos de inversión en la cuenca, sustentables económica, social y ambientalmente
- PD-OG-05 Promover la incorporación de la visión de gestión integrada del recurso hídrico y de cuenca
- PD-OG-06 Sentar las bases para el desarrollo de una instancia permanente de concertación entre los diferentes actores involucrados en la gestión del agua en la cuenca
- PD-OG-07 Mejorar la productividad y rentabilidad de los pequeños agricultores en lo que respecta al uso de los recursos hídricos

EL Plan Director definió objetivos prioritarios por área temática de los cuales se destacan los siguientes:

<u>Ámbito: 1. Cantidad de los Recursos Hídricos</u>

- PD-OP-1.1: Optimizar y coordinar la regulación entre usos consuntivos y no consuntivos.
- PD-OP-1.2: Informar, difundir, incentivar y estimular el mercado del agua.

<u>Ámbito: 2. Infraestructura Hidráulica</u>

- PD-OP-2.1: Evaluar el aumento de obras para una correcta medición de la precipitación, escorrentía superficial y subterránea.
- PD-OP-2.2: Desarrollar la regulación de los cauces naturales mediante la construcción de embalses, de modo de mejorar la disponibilidad en la época de estiaje.

- PD-OP-2.3: Evaluar la necesidad de mejorar la infraestructura de riego, mediante el diseño de nuevas obras de captación y distribución de aguas, rediseño de obras existentes, y la migración de superficie agrícola desde riego tradicional a riego tecnificado (Ej.: PROM).
- PD-OP-2.4: Dotar de servicios de agua potable y recolección de aguas servidas con disposición final, a las localidades rurales.

Ámbito. 3 Calidad de las aguas y Medioambiente.

- PD-OP-3.1: Identificar, evaluar y controlar las fuentes de contaminación (ej.: Contaminación de canales por RSD (Residuos Sólidos Domiciliarios), control de algas en canales, pesticidas, etc.).
- PD-OP-3.2: Mejorar y ampliar la representatividad y pertinencia de las redes de monitoreo de calidad de aguas, tanto a nivel superficial como subterráneo.

Ámbito: 4. Legal y Gestión

- PD-OP-4.1: Proponer mecanismos para incentivar la investigación y el desarrollo en la gestión de los recursos hídricos, tanto desde el punto de vista de la cantidad como de la calidad, y origen (distinguiendo entre agua superficial y subterránea)
- PD-OP-4.2: Mejorar la coordinación entre instituciones públicas y privadas, tanto a nivel central como local (por ejemplo, control de contaminación por centros poblados, modificaciones de trazados de canales, autorizaciones de extracción de áridos, educación ambiental, autorización de evacuación de aguas lluvias, entre otros) Estrategia Regional de Desarrollo de la región del Maule, Talca 2009 (ERD 2009)
- PD-OP-3.3: Incorporar nuevos criterios para la evaluación económica de la infraestructura de riego (Ej. Justificación

ecológica, horizonte, análisis beneficio / costo turismo, análisis beneficio / costo ambiental, etc.)

- PD-OP-3.4: Elaborar planes de contingencia en caso de sequía que disminuyan efectos en la repartición adecuada para los diferentes sectores de uso
- PD-OP-3.5: Evaluar modificaciones a la legislación para garantizar la viabilidad del caudal ecológico bajo condiciones de agotamiento legal del recurso

9.3. INSTRUMENTOS DE DESARROLLO REGIONAL

9.3.1. Estrategia Regional de Desarrollo

Gobierno Regional Maule – Universidad de Talca. Estrategia Regional de Desarrollo Maule 2020. ERD 2009.

La Estrategia Regional de Desarrollo (ERD) de la región del Maule propende hacia "una Región del Maule próspera y atractiva, con mejor calidad de vida para sus hombres y mujeres, donde exista mayor equidad y oportunidades, superando con ello las brechas territoriales y de género. Una Región rural-moderna, con tradición y futuro, que apuesta a convertir a Chile en potencia alimentaria y forestal en base al conocimiento, innovación y el emprendimiento, fruto de una sostenida articulación público-privada. Con una fuerte identidad regional asociada a su patrimonio histórico, natural y cultural, fortaleciendo así el desarrollo del turismo de intereses especiales y posicionando al Maule en el concierto nacional y mundial. Una Región en que sus habitantes vivan seguros, en paz y armonía, no sólo con su prójimo, sino que también con su entorno. Una Región del Maule con una elevada capacidad de gobierno y capital social, donde los maulinos y maulinas, sean protagonistas en la construcción de su propio desarrollo".

En función de la Imagen Objetivo Maule 2020 y el ejercicio de actualización de la ERD durante el año 2008 se definieron 12 variables-efecto que

representan el concepto de desarrollo, de los cuales se detallan aquellas relacionadas con el recurso hídrico.

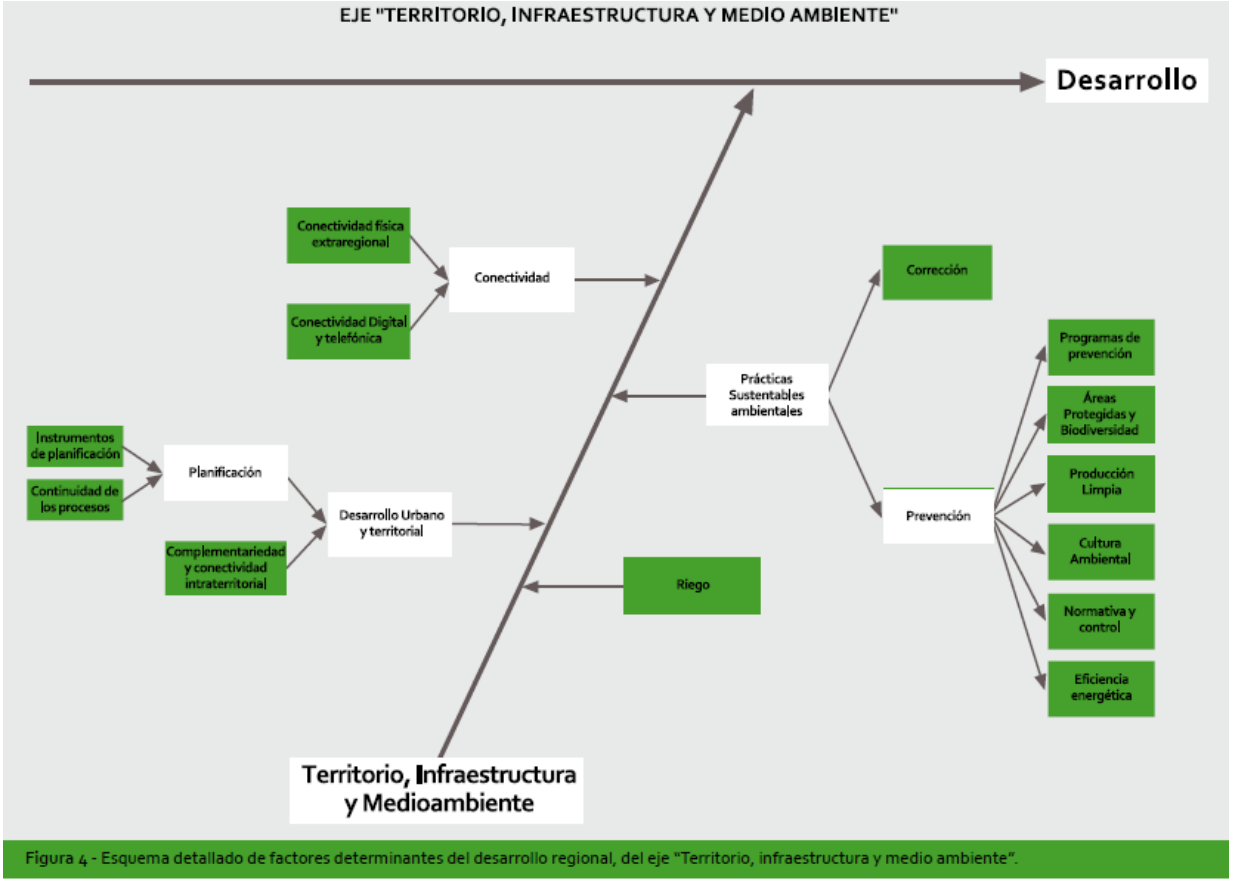
- Competitividad económica y productiva;
- Sustentabilidad ambiental y territorial;

Por otra parte, los factores o variables causa que determinan el desarrollo de la región del Maule, se ordenan en cinco grandes ejes orientadores o subsistemas:

1. Dimensión social;
2. Economía regional;
3. Territorio, infraestructura y medioambiente;
4. Identidad y cultura; y finalmente,
5. Gobernabilidad y gobernanza regional.

En el eje 3, Territorio, infraestructura y medioambiente se identifican las prácticas sustentables ambientales (áreas protegidas y biodiversidad, cultura ambiental) y al riego como factores determinantes del desarrollo regional (entre otros).

Figura 9-1 Ejes estratégicos: Territorio, Infraestructura y Medioambiente



Fuente: Estrategia Regional de Desarrollo

9.3.2. Plan Regional de Ordenamiento Territorial, 2013

Gobierno Regional Maule, Plan Regional de Ordenamiento Territorial, Noviembre 2013. PROT.

El documento indica que en lo que se refiere a gestión territorial y aplicación de los instrumentos de planificación existentes y al servicio de ella, es evidente que hasta hoy y a pesar de los innumerables esfuerzos, no se ha logrado resolver eficaz y eficientemente algunos problemas y procesos

territoriales adversos e indeseados: permanecen desequilibrios territoriales de población y actividades; localizaciones incompatibles con el medio natural que provocan impactos ecológicos y paisajísticos no deseados; existen situaciones de vulnerabilidad frente a la localización de ciertos usos y actividades en zonas de riesgos naturales; aún hay déficits en infraestructura y equipamientos; y persisten conflictos entre sectores y actividades entre otros problemas.

Estas negativas expresiones físico-espaciales del desarrollo son correlato –reflejo y causa– de la descoordinación, la sobreposición, los conflictos y/o los vacíos de la gestión pública en sus distintos ámbitos y sectores: entre organismos públicos sectoriales; entre distintos niveles administrativos; entre el sector público y el privado y entre habitantes locales y habitantes externos que tienen intereses sobre un mismo territorio.

Desde un punto de vista teórico-metodológico, hay ausencia de una herramienta de ordenación territorial que integre, en un mismo cuerpo instrumental, elementos que faciliten alcanzar metas de desarrollo sustentable. No existe, en efecto, una herramienta que articule al mismo tiempo y de manera sistémica, elementos físico-geográfico-espaciales del territorio, con elementos socioculturales y económicos. Falta un instrumento que oriente la realización del análisis, la proyección y posterior gestión de un modelo territorial deseado, en un marco jurídico e institucional acorde.

El Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT) es un método concreto para realizar ordenamiento a nivel regional. Se trata de un instrumento de mayor amplitud y generalización que los de planificación sectorial vigentes y a una escala que posibilitará orientar y compatibilizar los mismos –entre ellos–.

El PROT es definido como un método que posibilita la especialización de los objetivos económicos, sociales, culturales y ecológicos de la sociedad, todos los cuales están contenidos en las Estrategias de Desarrollo Regional (ERD). En cuanto plan, con un horizonte temporal de mediano plazo –10 años–, estará mucho más cerca de la práctica planificadora y de la toma de decisiones políticas que del análisis científico-técnico del territorio. Deberá

identificar las limitantes y potencialidades del territorio con objetivos de desarrollo sustentable, en el entendido que las políticas sectoriales no han demostrado ser suficientes para abordar los complejos problemas del ordenamiento de los usos del territorio.

Más que un instrumento restrictivo, se trata entonces de un instrumento orientador de usos que, en una etapa posterior y de gestión, posibilitará evaluar la compatibilidad entre éstos –y entre ellos y la sustentabilidad ambiental–, con el objeto de establecer condiciones de actuación, uso e intervención, en virtud de los diferentes intereses por el uso del territorio. Todo esto se llevará a cabo en el marco de procesos adecuadamente informados y que incorporen la participación pública y privada, tanto en la definición de un modelo de ordenamiento deseado, como en el proceso de gestión territorial y de proyectos.

Como instrumento de acción pública, el PROT integra las visiones sectoriales –horizontales, verticales y de interdependencia–, esto es, los distintos componentes de análisis que tienen impactos sobre el territorio regional –Éstas son: componente de análisis rural, el componente de análisis urbano; el componente de análisis costero; y el componente de análisis de cuencas hidrográficas–, y los diferentes niveles de gobierno que comparten responsabilidades sobre el mismo. Luego el Plan asume que el ordenamiento territorial es un tema de carácter transversal que requiere una mirada integral, y de manera específica, el análisis de riesgos asociados a amenazas naturales.

Según se tiene del proceso de Evaluación Ambiental Estratégica de este documento[1], a continuación se presentan los objetivos del PROT, los problemas ambientales identificados, los criterios de sustentabilidad y objetivos ambientales específicos.

[1] Evaluación Ambiental Estratégica del Plan Regional de Ordenamiento Territorial del Maule. Informe Ambiental. Marzo 2014. Elaborado por la Unidad de Gestión de Información Territorial de la Unidad de Planificación y Desarrollo del Gobierno Regional del Maule.

9.3.2.1. Objetivos del PROT

Objetivo General

Definir, proponer y fijar un modelo territorial regional futuro consensuado, en concordancia con los lineamientos estratégicos de la Estrategia Regional de Desarrollo Maule 2020 (ERD) y las políticas públicas regionales.

Objetivos Específicos

a) Proponer o fijar zonificaciones o prioridades necesarias, en el contexto de la Estrategia Regional de Desarrollo Maule 2020 (ERD) y las Políticas Públicas Regionales, de aquellas intervenciones territoriales de gran significado sectorial o supra sectorial.

b) Definir zonas prioritarias y preferentes en función de su aptitud principal, fomentando la compatibilidad entre diversos usos del territorio, la coordinación de ofertas y demandas territoriales, especialmente de aquellas que no se pueden imponer a través de mecanismos de mercado.

c) Sistematizar el conocimiento detallado de los problemas y procesos territoriales propios, lo que implica identificar y especificar necesidades y requerimientos de información georreferenciada con el fin de establecer las tendencias y prospectivas territoriales.

d) Definir **objetivos territoriales ambientales** zonificados por usos preferentes cuando corresponda, en función de las áreas que contienen recursos naturales relevantes y/o que cumplen funciones ambientales de relevancia regional. Complementariamente, se determinan las áreas de riesgo de origen natural.

9.3.2.2. Problemas ambientales identificados por el PROT

Además, dentro del documento se identificaron los siguientes problemas ambientales:

a) Conflicto en el uso y gestión del recurso hídrico (Riego /Generación de Energía Hidroeléctrica) en las Cuencas del Maule, Mataquito y Costeras, que va en desmedro de la conservación de las mismas y del desarrollo económico regional
b) Altos niveles de contaminación del aire por material particulado (MP10, MP5) en cabeceras de la región tales como Talca, Curicó y Linares.
c) Alta vulnerabilidad del patrimonio ambiental tangible e intangible, a escala regional y específica en territorios vulnerables como el secano interior.
d) Especies vegetales y animales de alto valor ecológico y endemismo, sin protección, formando parte de sitios prioritarios sin información de pertenecía al Estado o a privados, así como tampoco la superficie precisa y cuantificada de los territorios a proteger.
e) Incorrecta utilización y malas prácticas sobre recursos ambientales en la región, a raíz de las actividades económicas que se desarrollan en esta.
f) Pérdida de recursos ambientales a raíz de fenómenos asociados a riesgos antrópicos o naturales. Como por ejemplo los incendios forestales.
g) Perdida de suelos con gran valor agrícola a raíz de un incremento en la expansión urbana en las principales ciudades como Talca, Curicó, Linares y Cauquenes.

9.3.2.3. Criterios de sustentabilidad

En complemento, los Criterios Ambientales que se desprenden de los Objetivos del Plan son los siguientes:

Criterio de Sustentabilidad N° I

La Región del Maule y su Plan Regional de Ordenamiento Territorial, prioriza el manejo integrado de las Cuencas de los ríos Maule, Mataquito y Cuencas

Costeras, resguardando la calidad y cantidad del recurso hídrico para consumo humano, servicios ambientales, sanitarios y el desarrollo de actividades turísticas, silvoagropecuarias y pesqueras, fortaleciendo el desarrollo económico integral, promoviendo nuevas inversiones productivas, aumentando el empleo en la región, el uso racional del recurso suelo y las condiciones de vida de los habitantes de las localidades rurales (del secano costero, del secano interior, precordillera y cordillera andina), con el propósito de favorecer su integración al proceso de desarrollo socioeconómico de la región. A su vez actualiza y reconoce dentro del territorio regional las Áreas Ecológicas Sensibles y el Patrimonio Cultural y Turístico, protegiendo la biodiversidad y su particular endemismo.

Criterio de Sustentabilidad N° II

La Región del Maule y su Plan Regional de Ordenamiento Territorial fomenta un modelo de ocupación planificado e integral, que busca el complemento y vínculo entre los centros urbanos mayores de Talca, Curicó, Linares, Parral, Constitución, Cauquenes y centros menores adyacentes a ellos, contribuyendo a la regulación y desconcentración de los centros poblados, evitando la expansión urbana y conurbación entre comunas, cautelando las condiciones de habitabilidad relacionadas con la calidad del aire, la exposición a amenazas naturales y el acceso servicios como educación, salud y cultura.

9.3.2.4. Objetivos Ambientales

La siguiente tabla resume los objetivos ambientales que se han considerado para la propuesta de Plan Regional de Ordenamiento Territorial:

Objetivo Ambiental N° I

Resguardar los recursos hídricos superficiales y subterráneos de las Cuencas del Maule, Mataquito y Microcuencas Costeras, mediante la incorporación de

este objetivo estratégico territorial en los criterios consultivos de pronunciamiento de evaluación ambiental del Gobierno Regional del Maule, en los proyectos ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) que estén asociados al uso y manejo del recurso hídrico.

Objetivo Ambiental N° II

Reconocer dentro del territorio regional las Áreas Ecológicas Sensibles y el Patrimonio Cultural y Turístico, mediante la orientación de la inversión regional hacia nuevos estudios de identificación de estos espacios, que permitan una adecuada zonificación, protegiendo los recursos tangibles e intangibles a escala regional y específica en territorios vulnerables como el secano interior, de las actividades económicas incompatibles y de las amenazas antrópicas y naturales, como por ejemplo los incendios forestales, asegurando el resguardo de la biodiversidad, su particular endemismo y los servicios ambientales que sustentan el desarrollo económico de la región.

Objetivo Ambiental N° III

Mejorar la Calidad de vida de los centros poblados mayores como Talca, Curicó, Linares y Cauquenes, mediante la generación e implementación de políticas regionales que tiendan a cautelar y mejorar las condiciones de habitabilidad relacionadas con la calidad del aire, la exposición a amenazas naturales y a la generación de una cartera de inversión pública enfocada al acceso equitativo de servicios como educación, salud y cultura.

Objetivo Ambiental N° IV

Mejorar la Calidad de vida de los centros poblados menores y rurales, mediante la generación e implementación de políticas regionales que induzcan a la generación de una cartera de inversión pública enfocada a la dotación y acceso integral de servicios como educación, salud y cultura.

9.3.3. Plan de Desarrollo para Territorios Rezagados 2014

SUBDERE, Plan de Desarrollo para Territorios Rezagados. PDTR 2014.

Mediante el Decreto N° 1.116, de 2014, se aprobó el Plan de Desarrollo para Territorios Rezagados, que son aquellos que presentan una situación de atraso y brechas importantes en su nivel de desarrollo y bienestar, tales como variables sociales, económicas, de competitividad territorial y de calidad de vida, respecto al promedio del resto del país. A nivel regional, están consideradas dentro de este plan las comunas de Cauquenes, Empedrado, Chanco y Pelluhue.

Los objetivos de los Planes Territoriales de Zonas Rezagadas, buscan generar intervención en:

- La prestación de servicios públicos básicos con baja presencia en los territorios.
- Mejoramiento del a conectividad.
- Mejoramiento de la infraestructura productiva.
- Generación de capacidades productivas.
- Aumentar la demanda de bienes producidos en el territorio, a través de instrumentos públicos.
- Alianzas público-privadas para el desarrollo de acuerdos de valor compartido.

A continuación se presentan los ejes a desarrollar para disminuir las brechas detectadas en el PDTR.

1. Contribuir a un desarrollo económico sostenido y sustentable, en los ámbitos: berries, vinos, turismo y borde costero.
2. Potenciar el desarrollo del Capital Humano y Social del territorio.
3. Desarrollo de infraestructura habilitante, en 3 ámbitos: recursos hídricos, conectividad física y digital, y habitabilidad.

En relación al recurso hídrico se determinan iniciativas, indicadores y fuentes de financiamiento.

a) Iniciativas relacionadas con los recursos hídricos:

- Incorporar tecnología en riego.
- Incorporación nuevas variedades de frutillas.
- Construcción y/o reposición de invernaderos con policarbonato.
- Fondo concursable de apoyo a mejoras en los sistemas de producción y cosecha de berries.
- Implementación de sistemas de riego tecnificado.
- Desarrollo de diseño y ejecución de proyectos de agua potable y alcantarillado.
- Apoyo a proyectos de embalses territoriales.

b) Indicadores de Foco para evaluar resultados en relación con los Recursos Hídricos:

- Superficie de riego.
- Hogares con déficit de agua para consumo.
- Capacidad de embalsamiento.

c) Fuentes de Financiamiento:

- Sectorial: 54,6%
- Fondo de Convergencia: 6,6%
- FNDR: 5,9%
- FNDR-Sectorial: 32,8%
- SUBDERE: 0,1%

9.4. INSTRUMENTOS PARA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

9.4.1. Plan Nacional de Adaptación Cambio Climático, 2014

El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PANCC I) se constituye como el instrumento articulador de la política pública chilena de adaptación al cambio climático, cuya misión se ha definido como: "Fortalecer la capacidad de Chile para adaptarse al cambio climático profundizando los conocimientos de sus impactos y de la vulnerabilidad del país y generando acciones planificadas que permitan minimizar los efectos negativos y aprovechar los efectos positivos, para su desarrollo económico y social y asegurando su sustentabilidad".

El Plan entrega unos lineamientos para la adaptación en Chile, proporcionando una estructura operativa para la coordinación y coherencia de las acciones de los diferentes sectores y diferentes niveles administrativos. Los principios en los que se basa el Plan ser presenta discreteados de la siguiente forma:

1. Priorización de Zonas más vulnerables
2. Uso del conocimiento disponible para conocer los efectos del cambio climático, para precisar en la toma de decisiones
3. Generar alianzas solidas entre los diferentes actores, administrativos y sectoriales.
4. Promoción de la Participación Ciudadana en el proceso de adaptación e información
5. Sinergia entre las medidas de adaptación y evitar la mala adaptación
6. Simplicidad y costo efectividad en el diseño e implementación de las medidas de adaptación, junto al claro establecimiento de responsables y recursos
7. Flexibilidad del Plan, de manera que permita la integración de nuevos conocimientos
8. Complemento y soporte de otras políticas ambientales y/o sectoriales
9. Reconocimiento del valor de los ecosistemas y de la biodiversidad.

En relación con lo anterior, las acciones se definen por acciones transversales y acciones sectoriales. Las acciones transversales se han definido en el marco de ocho líneas de acción, las que a su vez se han agrupado en cuatro temas principales, tal como se muestra a continuación

T.1 Investigación científica

- L1 Marco de referencia científico en cambio climático
- L2 Fomento de la investigación científica en cambio climático
- L3 Difusión de resultados

T.2 Comunicación y educación ambiental

- L4 Definir una Estrategia comunicacional
- L5 Educación y sensibilización ambiental

T.3 Fortalecimiento institucional

- L6. Fortalecimiento Institucional:
- L7. Incorporación del Cambio climático en la gestión ambiental a nivel regional y local.

T.4 Reducción del Riesgo de Desastres

- L8 Información para la toma de decisiones en el marco de la gestión del riesgo

Se priorizaron 7 sectores o sistemas para la elaboración de Planes Sectoriales de adaptación: (I) silvoagropecuario, (II) recursos hídricos, (III) biodiversidad, (IV) pesca y acuicultura, (V) salud, (VI) energía, (VII) infraestructura. Por lo tanto, la línea de acción sectorial es la Elaboración de planes sectoriales de adaptación al cambio climático e Implementación de planes sectoriales de adaptación al cambio climático.

9.4.2. Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario, 2013

El Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario, fue elaborado conjuntamente por los Ministerios de Agricultura y Medio Ambiente y se lanzó públicamente en octubre del 2013. Las 21 medidas de adaptación al cambio climático del plan se orientan prioritariamente a temas de manejo de agua, de investigación, información y capacitación, de manejo de cultivos agrícolas y bosques, de gestión de riesgos y seguros, y fueron ordenadas según los lineamientos del MINAGRI de 2013:

<u>EJE 1 Mejorar la competitividad de la Agricultura</u>

- LÍNEA 1: Fortalecer la planificación y gestión de los recursos hídricos a nivel nacional para optimizar el uso del agua en la agricultura
- LÍNEA 2: Establecer un programa nacional para fomentar la gestión eficiente y sustentable del agua en la agricultura de riego
- LÍNEA 3: Reforzar el programa de Riego Campesino
- LÍNEA 4: Optimizar el sistema Nacional para la Gestión de Riesgos Agroclimáticos, GRA
- LÍNEA 5: Adecuar el instrumento Seguro Agrícola para enfrentar el cambio climático
- LÍNEA 6: Adoptar sistemas de alerta y control integrado de plagas y enfermedades
- LÍNEA 7 Apoyar la inversión productiva para mejorar la adaptación a los efectos del cambio climático del sector silvoagropecuario

<u>EJE 2 Fomentar la investigación e innovación</u>

- LÍNEA 8: Impulsar el cambio en los calendarios de siembra para minimizar riesgos climáticos

- LÍNEA 9: Fomentar el uso de sistemas de cultivo para la reducción del estrés térmico
- LÍNEA 10: Apoyo a la investigación y fomento a la innovación en gestión de recursos hídricos en el sector silvoagropecuario
- LÍNEA 11 Desarrollar programas de mejoramiento genético para cultivos agrícolas vulnerables al cambio climático, usando herramientas convencionales y moleculares de última generación
- LÍNEA 12: Desarrollar programas de mejoramiento genético para cultivos agrícolas vulnerables al cambio climático, usando herramientas convencionales y moleculares de última generación

EJE 3 Promover la sustentabilidad económica, social y ambiental

- LÍNEA 13: Potenciar los actuales mecanismos del Programa de Sistemas de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios (ex SIRSD)
- LÍNEA 14: Desarrollar sistemas de monitoreo permanente de cambios en los potenciales de productividad
- LÍNEA 15: Desarrollar un sistema de indicadores de sustentabilidad ambiental de la agricultura
- LÍNEA 16: Desarrollar nuevos métodos silviculturales que permitan enfrentar el Cambio Climático
- LÍNEA 17: Estudiar los requerimientos hídricos de especies forestales nativas y exóticas
- LÍNEA 18: Implementar sistemas de cosecha de agua lluvia para riego y bebida

EJE 4 Transparencia y acceso a mercados

- LÍNEA 19: Diseñar un programa de certificación de la huella del agua de los productos agropecuarios

EJE 5 Modernizar el Ministerio de Agricultura y sus servicios

- LÍNEA 20: Desarrollar un sistema de información para la adaptación al cambio climático
- LÍNEA 21: Desarrollar directrices a incorporar en las instancias de capacitación en cambio climático

9.4.3. Plan de Adaptación al Cambio Climático en Biodiversidad, 2014

El presente Plan de Adaptación al Cambio Climático en Biodiversidad emana de un doble marco político, inscribiéndose, por una parte, en el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático: 2008-2012 (2008) y en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (2014) y, por otra, en la actualización de la Estrategia Nacional de Biodiversidad al 2020.

Esta iniciativa forma parte del comentado conjunto de Planes Sectoriales de Adaptación pertenecientes a la Línea de acción sectorial del Plan de Adaptación al Cambio Climático. Las Líneas estratégicas del Plan se dividen según el objetivo específico.

Objetivo específico 1 Investigación en biodiversidad y creación de capacidades en gestión, información y conciencia ambiental, a nivel nacional, regional y local.

- LÍNEA 1. Diseño y desarrollo de una red de monitoreo de la biodiversidad terrestre y acuática tanto continental (incluyendo humedales alto andinos y costeros) como marina, dotada de un sistema de alerta temprana.
- LÍNEA 2. Capacitación, desarrollo de conciencia ambiental y capacidades de gestión en temas de la biodiversidad y del cambio climático y la desertificación para el sector público y privado, a nivel nacional, regional y local.

- LÍNEA 3. Promover la investigación en biodiversidad y su relación con el cambio climático e integrarla en proyectos financiados por fondos públicos y privados.
- LÍNEA 4. Elaboración de conceptos de gestión comunal como una herramienta de diagnóstico, planificación y gestión participativa para el desarrollo sustentable, con énfasis en biodiversidad y adaptación al cambio climático.

Objetivo específico 2 Promoción de prácticas productivas sustentables para la adaptación al cambio climático en biodiversidad y la mantención de los servicios ecosistémicos.

- LÍNEA 1. Establecimiento de alianzas público-privadas e intersectoriales.
- LÍNEA 2. Fomento de buenas prácticas de manejo en los sistemas productivos y de gestión, integrando criterios de protección de la biodiversidad y adaptación al cambio climático.
- LÍNEA 3. Aplicar el enfoque ecosistémico en el sector de la Pesca y la Acuicultura como un mecanismo de adaptación al cambio climático.

Objetivo específico 3 Consideración de objetivos de biodiversidad en los instrumentos de planificación territorial urbana, planes regionales de ordenamiento territorial (PROT), u otros, como mecanismo de adaptación al cambio climático.

- LÍNEA 1. Inclusión de objetivos de biodiversidad en los planes regionales de ordenamiento territorial (PROT) como mecanismo de adaptación al cambio climático (ficha 22).
- LÍNEA 2. Consideración de objetivos de protección de la biodiversidad en los instrumentos de planificación territorial urbana como mecanismo de adaptación al cambio climático (fichas 23 y 24). por objetivo específico.

Objetivo específico 4: Fortalecimiento del Sistema Nacional de Áreas Protegidas e implementación de medidas de adaptación al cambio climático a nivel de ecosistemas y especies, en ambientes tanto terrestres como marinos, costeros, de aguas continentales e islas oceánicas, tanto en espacios rurales como urbanos y periurbanos.

- LÍNEA 1. Diseño, fortalecimiento e implementación de un Sistema Nacional de Áreas Protegidas
- Áreas Protegidas, públicas y privadas, terrestres, marinas y acuáticas continentales.
- LÍNEA 2. Promover la integración de ecosistemas terrestres, marinos y de aguas continentales vulnerables al cambio. climático, en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado
- LÍNEA 3. Conservación y restauración de ecosistemas degradados o vulnerables.
- LÍNEA 4. Diseño e implementación de corredores biológicos entre áreas protegidas y gestión de zonas de amortiguación y paisajes de conservación (infraestructura verde).
- LÍNEA 5. Soluciones de adaptación basadas en servicios ecosistémicos para atenuar los riesgos y amenazas por desastres naturales ocasionados por el cambio climático sobre la biodiversidad y poblaciones locales.
- LÍNEA 6. Implementación de medidas de control y eventualmente erradicación de especies exóticas invasoras, cuyo impacto podría exacerbarse bajo los efectos del cambio climático, en el marco de la Estrategia Nacional Integrada para la Prevención, el Control y la Erradicación de las Especies Exóticas Invasoras.
- LÍNEA 7. Conservación y recuperación de especies y comunidades biológicas en situación de amenaza, estrés ambiental o decaimiento de sus poblaciones.

9.4.4. Propuesta de Plan de Acción Nacional para el Cambio Climático 2017-2022

El Anteproyecto del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022 (PANCC II) es elaborado por el Departamento de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente en coordinación con otros Ministerios e instituciones competentes en la materia, y tiene el propósito de establecer un Instrumento de política pública que integre y oriente las acciones a tomar en cambio climático, con el propósito de realizar "… un nuevo plan nacional de cambio climático con una visión transversal e integrada, en adaptación, mitigación de impactos y creación de capacidades, orientando las medidas adoptadas hacia una economía baja en carbono...". El nuevo Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022 se desarrolla en un escenario de mayor conocimiento y de avances concretos obtenidos a través del PANCC 2008-2012 (PANCC I).

El Plan tiene por objetivo hacer frente a los desafíos que plantean en el corto y mediano plazo los impactos del cambio climático en el territorio nacional, y promover la implementación de los compromisos adoptados por Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). El Plan busca constituirse en el instrumento articulador de una política climática transversal para el país en el corto y mediano y mediano plazo, mediante un marco orientador para todos los actores. El PANCC II se estructura en función de 4 ejes de acción: Adaptación, Mitigación, Medios de Implementación, y Gestión del Cambio Climático a Nivel Regional y Comunal. A continuación se presenta cada Eje de Acción, con sus respectivos objetivos específicos, y líneas de acción:

- **EJE DE ACCIÓN 1. ADAPTACIÓN:** Fortalecer la capacidad del país para adaptarse al cambio climático, profundizando los conocimientos de sus impactos y de la vulnerabilidad del país, y generando acciones que permitan minimizar los efectos negativos y aprovechar los efectos positivos, promoviendo el desarrollo económico, social y asegurando la sustentabilidad ambiental, en línea con el pilar de adaptación de la

contribución de Chile ante la CMNUCC. Los objetivos específicos asociados son los siguientes:

- OBJETIVO ESPECÍFICO 1.1: Determinar la vulnerabilidad de los sistemas humanos y naturales del país, considerando los impactos posibles y proyectados del cambio climático.
  - LA1: Generación, actualización y análisis de información climática y de vulnerabilidad.

- OBJETIVO ESPECÍFICO 1.2: Fortalecer la gestión del riesgo de desastres frente a los impactos del cambio climático.
  - LA2: Desarrollo de información para la toma de decisiones en el marco de la gestión del riesgo de desastres.
  - LA3: Fortalecimiento de capacidades en gestión del riesgo de desastres para la adaptación al cambio climático.

- OBJETIVO ESPECÍFICO 1.3: Adaptarse al cambio climático, mediante la reducción de la vulnerabilidad y el incremento de la capacidad adaptativa de los sistemas socio ecológicos del país.
  - LA4. Generación y seguimiento de indicadores de adaptación.
  - LA5. Desarrollo de mecanismos para la integración de aspectos sociales y adaptación al cambio climático.
  - LA6. Elaboración e implementación de planes sectoriales de adaptación.

- **EJE DE ACCIÓN 2. MITIGACIÓN:** Crear las condiciones habilitantes para la implementación, cumplimiento y seguimiento de los compromisos de reducción de emisiones de GEI de Chile ante la CMNUCC, y que contribuya de forma consistente al desarrollo sustentable del país y a un crecimiento bajo en emisiones de Carbono. Los objetivos específicos de este Eje son los siguientes:

- OBJETIVO ESPECÍFICO 2.1: Mantener el Sistema Nacional de Inventario y actualizar el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Chile.
  - LA7. Actualización del INGEI de Chile.
  - LA8. Sistema de garantía y control de calidad.
  - LA9. Archivo y difusión.

- OBJETIVO ESPECÍFICO 2.2: Desarrollar e implementar Acciones y Políticas de Mitigación.
  - LA10. Acciones de Mitigación del Sector Energía.
  - LA11. Acciones de Mitigación del Sector Transporte.
  - LA12. Acciones de Mitigación del Sector Agrícola y Forestal.
  - LA13. Acciones de Mitigación del Sector Vivienda y Urbanismo.
  - LA14. Acciones de Mitigación del Sector Obras Públicas.
  - LA15. Acciones de Mitigación de Medio Ambiente.
  - LA16. Acciones de Mitigación Transversales o Multisectoriales.

- OBJETIVO ESPECÍFICO 2.3: Implementar sistemas de Contabilidad y MRV.
  - LA17. Diseñar e implementar sistemas MRV de acciones de mitigación.

- OBJETIVO ESPECÍFICO 2.4: Implementar los compromisos internacionales en materia de mitigación del cambio climático.
  - LA18. Desarrollar herramientas técnicas de análisis de los compromisos de mitigación pre y post 2020.

- **EJE DE ACCIÓN 3. MEDIOS DE IMPLEMENTACIÓN:** Implementar aquellos elementos transversales que complementan las medidas planteadas en el PANCC-II relacionados al fortalecimiento

institucional, transferencia tecnológica, creación de capacidades y asistencia técnica, financiamiento y negociación internacional.

- OBJETIVO ESPECÍFICO 3.1: Fortalecer la institucionalidad para abordar el cambio climático a nivel nacional.
  - LA19. Marco regulatorio sobre cambio climático.
  - LA20. Coordinación con otras políticas públicas en los ejes de: mitigación, adaptación y gestión del cambio climático a nivel regional y comunal.

- OBJETIVO ESPECÍFICO 3.2: Apoyar la transferencia de tecnología para la implementación de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático.
  - LA21. Estrategia para el desarrollo y la transferencia tecnológica.
  - LA22. Incorporación de nuevas tecnologías.

- OBJETIVO ESPECÍFICO 3.3: Crear las capacidades nacionales para la gestión del cambio climático y entregar asistencia técnica.
  - LA23. Fomento de la investigación en temas de cambio climático.
  - LA24. Estrategia de Educación.
  - LA25. Estrategia de Sensibilización.
  - LA26. Cooperación Internacional.

- OBJETIVO ESPECÍFICO 3.4: Generar una estrategia nacional financiera frente al cambio climático.
  - LA27. Estrategia Nacional Financiera frente al cambio climático.
  - LA28. Gestión de otras fuentes de financiamiento internacional o privado.

- OBJETIVO ESPECÍFICO 3.5: Asesorar la negociación internacional en temáticas relacionadas al cambio climático.
  - LA29. Participación de Chile en la CMNUCC, IPCC, OCDE y otros relacionados.

- **EJE DE ACCIÓN 4. GESTIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO A NIVEL REGIONAL Y COMUNAL:** Desarrollar los elementos que permitan sentar las bases institucionales, operativas y las capacidades necesarias para avanzar en la gestión del cambio climático en el territorio, a través del gobierno regional y comunal e incorporando a todos los actores sociales. Los objetivos específicos de este Eje de Acción son los siguientes:

  - OBJETIVO ESPECÍFICO 4.1: Fortalecer la institucionalidad de cambio climático a nivel regional y comunal.
    - LA30. Arreglos institucionales.
    - LA31. Incorporación del cambio climático en los instrumentos de planificación.

  - OBJETIVO ESPECÍFICO 4.2: Desarrollo de capacidades en los gobiernos regionales y municipales.
    - LA32. Desarrollo de información a nivel regional y comunal para apoyar la toma de decisiones.
    - LA33. Desarrollo de Programas de capacitación y difusión.
    - LA34. Fortalecer el Sistema de Certificación Ambiental Municipal (SCAM) y el programa de barrios sustentables.

  - OBJETIVO ESPECÍFICO 4.3: Implementar acciones y propiciar sinergias entre la adaptación y la mitigación para un territorio específico.
    - LA35. Sinergias para la acción climática en un territorio específico.

9.5. EVALUACIÓN DE INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN POR ÁREAS TEMÁTICAS

Se revisaron los distintos instrumentos, estableciendo aquellos aspectos transversales que surgen de la convergencia entre ellos. En lo principal, se identificaron cinco áreas temáticas que resumen la totalidad de los aspectos abordados en cada documento, las cuales son: Planificación y gestión de los recursos hídricos, Disponibilidad de recursos hídricos, Respuesta ante escasez, eventos extremos y cambio climático, Eventos protección y conservación ambiental, y Participación ciudadana. A continuación se presenta un desarrollo de los aspectos principales contenidos en cada área temática propuesta.

Tabla 9-1 Definición de Áreas Temáticas

Área Temática	Alcance	Aspectos principales
Planificación y Gestión de Recursos Hídricos	Definición de lineamientos de corto, mediano y largo plazo para la gestión de recursos hídricos, que involucran institucionalidad, marco legal, y gestión integrada.	Planificación de recursos hídricos e institucionalidad ambiental Gestión Integrada de recursos hídricos Gestión de información de recursos hídricos Instrumentos de Gestión Hídrica Desarrollo e innovación en gestión hídrica.
Disponibilidad de Recursos Hídricos y Situación Legal	Acciones de corto, mediano y largo plazo para la regulación de la oferta y demanda de recursos hídricos, entendida la primera como la disponibilidad en fuentes naturales y su regulación; y la segunda como el ejercicio de los derechos de aprovechamiento de aguas a nivel legal y de eficiencia.	Gestión de la oferta de recursos hídricos: Gestión de información primaria y secundaria, Regulación de la oferta. Gestión de la demanda (usos) de recursos hídricos: Derechos de aprovechamiento de aguas y OUAs, Fiscalización, y Modernización y eficiencia en el uso del agua.

Tabla 9-1 Definición de Áreas Temáticas		
Área Temática	**Alcance**	**Aspectos principales**
Respuesta ante escasez, eventos extremos y cambio climático	Acciones de corto, mediano, largo plazo para incorporar dentro de la gestión pública eventos extremos como sequía, crecidas, inundaciones, o procesos de remoción en masa, así como la escasez de recursos hídricos asociada principalmente a los escenarios actuales de cambio climático.	Escasez y Sequía Crecidas, inundaciones y remoción en masa Adaptación al cambio climático
Protección y conservación ambiental	Acciones de corto, mediano y largo plazo para la protección y conservación del medioambiente, recursos naturales y culturales desde un enfoque integrador de cuenca hidrográfica, incluyendo sitios prioritarios, calidad de las aguas, y resguardo de cauces.	Protección de la calidad del agua en fuentes naturales Protección del medioambiente, recursos naturales y culturales Resguardo de cuencas hidrográficas y cauces Ordenamiento territorial
Participación ciudadana y cultura del agua	Desarrollo de una cultura del agua y participación ciudadana, considerando tanto a la sociedad civil como a los titulares de derechos de aprovechamiento de aguas en medidas de corto, mediano y largo plazo.	Sociedad Civil: Gestión Municipal, Educación Ambiental y Participación Ciudadana. Titulares de derechos de aprovechamiento de aguas: Organizaciones de Usuarios de Agua; e Industrias, minería e hidroelectricidad. Cultura y educación ambiental

Fuente: Elaboración propia.

9.5.1. Instrumentos para la gestión del recurso hídrico

El análisis de los instrumentos de planificación del recurso hídrico indica que existen aspectos comunes, principalmente la mención a la necesidad de

realizar una modificación del marco institucional y/o del marco legal de las aguas en el país. Se reconoce la necesidad de contar con instrumentos de planificación de mediano y largo plazo, incluyendo la definición de políticas, y los documentos revisados coinciden en establecer la Gestión Integrada de Cuencas como eje de esta planificación. Al mismo tiempo que señalan que este enfoque debe ser reforzado con una institucionalidad y gobernanza adecuados, coinciden en que se debe mejorar los sistemas de información asociados y su accesibilidad por los usuarios en general.

Desde el punto de la disponibilidad de recursos hídricos, se menciona como un aspecto fundamental de cara a la escasez que enfrenta este recurso a nivel nacional. Esta consideración guía la necesidad de lograr la sustentabilidad en la calidad y cantidad del recurso, considerando el aumento de la oferta y disponibilidad (regulación de cuencas, incorporación de nuevas fuentes); así como la red hidrometeorológica y el banco de estudios específicos como fuente de información para establecer la disponibilidad real. Desde el punto de vista del consumo, consideran la necesidad de aumentar la seguridad de riego al mismo tiempo de la eficiencia en el uso del agua, mejorando las infraestructuras, y aumentando la tecnificación. Dentro de los usos del agua, se considera además el aumento de la cobertura de la red de Agua Potable Rural (APR).

La respuesta a la escasez, eventos extremos como sequías, inundaciones, crecidas y remociones en masa se suma a la incorporación del cambio climático como concepto articulador de estas amenazas sobre el sistema. Todos los instrumentos lo abordan, en directa relación con la sustentabilidad de la oferta y demanda de recursos hídricos; así como reducción de riesgo e impacto de los eventos extremos, y elaboración de planes de contingencia.

La protección del medioambiente y los recursos hídricos se manifiesta en una visión compartida de sustentabilidad, la integración de la gestión de los recursos hídricos con la gestión ambiental, mejoras de la red de calidad de aguas, identificación de pasivos ambientales, y alternativas legales para viabilizar el caudal ecológico.

La participación ciudadana y el desarrollo de una cultura del agua abordan, en primer lugar, el mejoramiento de los canales y de un sistema de información útil para la ciudadanía y organizaciones sociales, como una forma de potenciar la información ciudadana. En segundo término, se incorpora el concepto de una cultura del agua ética, que incorpore aspectos de protección, conservación, sustentabilidad, entre otros.

En la tabla siguiente se presenta la mención de cada instrumento en relación a la gestión de los recursos hídricos.

Tabla 9-2 Comparación por área temática de instrumentos para la gestión de recursos hídricos.

Área Temática	Política Nacional de Recursos Hídricos 2015	Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2013	Atlas del Agua 2016	Plan Regional de Infraestructura y RRHH 2012	Plan Director de los Recursos Hídricos Cuenca del Río Maule, DGA 2007
Planificación y Gestión de Recursos Hídricos	Establece la necesidad de un reordenamiento institucional para una mejor gestión de los desequilibrios hídricos; y la incorporación de la GIRH que incorpore el recurso suelo y las particularidades de cada región.	Plantea la necesidad de avanzar en una nueva institucionalidad de aguas; y avanzar en una gestión eficiente y sostenible que incentive la GIRH. Establece además la necesidad de mejorar la información hídrica disponible.	Establece la necesidad de contar con una Política vinculante y un Plan Nacional de RRHH a 5 años. Se requiere una nueva institucionalidad para GIRH, y una gobernanza para gestión por cuencas. Además, mejorar conocimiento e investigación de RRHH.	Establece la necesidad de promover la gestión y manejo integrado de las cuencas hidrográficas.	Busca constituirse como un instrumento que permita mejorar la gestión y administración de los RRHH en la cuenca. Promover la incorporación de la visión de gestión integrada del recurso hídrico y de cuenca. Sentar las bases para instancia permanente de concertación entre los actores involucrados en la gestión del agua en la cuenca. Proponer mecanismos para I+D en RRHH.
Disponibilidad de Recursos Hídricos y Situación Legal	OFERTA La Directriz 2 fija la sustentabilidad y protección del agua tanto desde el punto de vista de la cantidad como de la calidad.	OFERTA Establece como Eje mejorar la información sobre disponibilidad de recursos, así como la protección de la cantidad de RRHH y enfrentar la escasez mediante embalses,	OFERTA Propone la necesidad de mejorar las sistemas de información de RRHH, desarrollo de I+D; DEMANDA	OFERTA Mejorar la red hidrométrica; generar estudios específicos. Aumentar disponibilidad de RRHH al asegurar los recursos	OFERTA Aumento de obras para medición de precipitación, escorrentía superficial y subterránea. Facilitar acuerdos público-privados para proyectos de

Tabla 9-2 Comparación por área temática de instrumentos para la gestión de recursos hídricos.

Área Temática	Política Nacional de Recursos Hídricos 2015	Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2013	Atlas del Agua 2016	Plan Regional de Infraestructura y RRHH 2012	Plan Director de los Recursos Hídricos Cuenca del Río Maule, DGA 2007
	Además se establece como eje el aumento de la oferta y disponibilidad de RRHH; Potenciar a las OUAs (administración, técnico y legal); e impulsar el desarrollo de nuevas tecnologías para mejorar disponibilidad y ahorro de RRHH.	recarga de acuíferos, desalación y otras fuentes no convencionales. DEMANDA Respecto de los usos del agua, plantea aumentar la cobertura de APR.	Mecanismos de ahorro de agua para enfrentar la escasez.	hídricos y definir nuevas fuentes. Mejorar los sistemas de información de derechos de aguas para facilitar su tramitación. DEMANDA Mejorar acceso a APR. Aumento seguridad de riego. Asegurar el uso eficiente del riego a través de capacitación y mejora infraestructura. Incorporar eficiencia energética.	inversión sustentables en la cuenca. Regulación de los cauces naturales mediante la construcción de embalses. DEMANDA Mejorar la productividad y rentabilidad de los pequeños agricultores en lo que respecta al uso de los recursos hídricos. Mejorar infraestructura de riego mediante diseño de nuevas obras de captación y distribución de aguas, rediseño de obras existentes, tecnificación de riego. Incorporar nuevos criterios para la evaluación económica de la infraestructura de riego. Dotar de servicios de agua potable y recolección de aguas servidas con

Tabla 9-2 Comparación por área temática de instrumentos para la gestión de recursos hídricos.

Área Temática	Política Nacional de Recursos Hídricos 2015	Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2013	Atlas del Agua 2016	Plan Regional de Infraestructura y RRHH 2012	Plan Director de los Recursos Hídricos Cuenca del Río Maule, DGA 2007
					disposición final, a las localidades rurales. Propender la utilización sustentable del recurso, incluyendo la mejora en la eficiencia en el uso del recurso y el fomento a los usos no consuntivos.
Respuesta ante escasez, eventos extremos y cambio climático	Objetivo Específico 1. Diseñar, elaborar e implementar distintos programas y acciones que permitan mitigar los efectos de la sequía que afecta recurrentemente gran parte del territorio nacional y preparar al país para enfrentar de mejor manera los eventos futuros. Directriz 1. La consideración de los escenarios futuros, tendencias y	EJE 3 Enfrentar la escasez de agua: embalses, recarga artificial de acuíferos, desalación y fuentes no convencionales.	Desafío 1 Crear herramientas adecuadas para la heterogeneidad hídrica de Chile y enfrentar los impactos del cambio climático. Desafío 2. Contar con un marco legal e institucional que considere tanto la diversidad y la escasez hídrica como fenómenos reales Desafío 6. Mecanismos de ahorro del agua y abordar con eficiencia	EJE 1.Línea 1. Mejorar la calidad de vida urbana en ciudades, pueblos y borde costero a través de la dotación servicios de infraestructura, reducir el riesgo de inundaciones y remociones en masa. Línea 2 Reducir el impacto de riesgo de inundaciones y remociones en masa mediante la	Elaborar planes de contingencia en caso de sequía que disminuyan efectos en la repartición adecuada para los diferentes sectores de uso. Evaluar el cambio climático en lo que respecta a sus efectos en variables agroclimáticas y ecológicas.

Tabla 9-2 Comparación por área temática de instrumentos para la gestión de recursos hídricos.

Área Temática	Política Nacional de Recursos Hídricos 2015	Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2013	Atlas del Agua 2016	Plan Regional de Infraestructura y RRHH 2012	Plan Director de los Recursos Hídricos Cuenca del Río Maule, DGA 2007
	proyecciones más probables en materia de disponibilidad y demanda de recursos hídricos		las situaciones de escasez.	construcción de defensas costeras, fluviales, encauzamientos y contención de laderas.	
Protección y conservación ambiental	Directriz 2. La sustentabilidad y protección del agua tanto desde el punto de vista de la cantidad como de la calidad. Directriz 3. La integración de la gestión de los recursos hídricos con la gestión ambiental. Directriz 4: La consideración de las particularidades físicas, bióticas, demográficas, económicas, sociales y culturales de cada una de las regiones del país.	EJE 1 Línea 2. Protección de la calidad de los recursos hídricos.	---	EJE4.5 Promover el aprovechamiento sustentable y proteger los servicios ambientales del recurso hídrico en el Marco del sistema de evaluación ambiental.	Potenciar las condiciones necesarias para reducir el nivel de contaminación hídrica. Identificar, evaluar y controlar las fuentes de contaminación. Mejorar y ampliar la representatividad y pertinencia de las redes de monitoreo de calidad de aguas, tanto a nivel superficial como subterráneo. Evaluar modificaciones a la legislación para garantizar la viabilidad del caudal ecológico bajo condiciones

Tabla 9-2 Comparación por área temática de instrumentos para la gestión de recursos hídricos.

Área Temática	Política Nacional de Recursos Hídricos 2015	Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2013	Atlas del Agua 2016	Plan Regional de Infraestructura y RRHH 2012	Plan Director de los Recursos Hídricos Cuenca del Río Maule, DGA 2007
					de agotamiento legal del recurso.
Participación ciudadana y cultura del agua	EJE 1 LÍNEA 4 Creación de una nueva cultura en uso eficiente de los recursos hídricos. EJE 1 LÍNEA 3 Creación y fortalecimiento de un sistema de información útil para la ciudadanía y los diferentes sectores EJE 4 Línea 1 Fortalecimiento de la participación de la ciudadanía y organizaciones sociales. EJE 4 LÍNEA 2 Potenciar la capacitación de las organizaciones de agua en el ámbito técnico, administrativo, comunitario y legal.	EJE 5 Potenciar la información ciudadana.	Desafío 7. Establecer una cultura del agua en la población desde una aproximación ética.	---	Sentar las bases para el desarrollo de una instancia permanente de concertación entre los diferentes actores involucrados en la gestión del agua en la cuenca.

Fuente: Elaboración propia.

9.5.2. Instrumentos de Desarrollo Regional

El análisis de los instrumentos de desarrollo regional consideró la Estrategia de Desarrollo Regional, el Plan Regional de Ordenamiento Territorial, y el Plan de Desarrollo de Territorios Rezagados.

Desde el punto de vista de la planificación y gestión de los recursos hídricos, se reconoce la gestión integrada cuencas hidrográficas (o manejo integrado de cuencas y cauces) como un elemento relevante para la sustentabilidad del territorio, incorporando en este concepto aspectos ambientales, hidrológicos, culturales y económicos. Se reconoce específicamente el rol de este enfoque en la mejora de la calidad de vida de los habitantes de las zonas rurales, como por ejemplo el secano costero de la región.

La disponibilidad de recursos hídricos se aborda en forma breve al considerar la necesidad de resguardar la cantidad y calidad de las aguas, y la necesidad de compatibilizar territorialmente la oferta y demanda sobre los recursos naturales disponibles. En complemento, se aborda la necesidad de elevar la cantidad, eficiencia y calidad del recurso hídrico para las actividades silvoagropecuarias en la región, y particularmente el desarrollo de infraestructura hídrica "habilitante" para el desarrollo de los territorios rezagados.

El cambio climático y los eventos extremos se abordan desde un punto de vista de información, ya que propone fortalecer las capacidades para la recolección y difusión de información, oportunidades y amenazas relacionadas con los efectos del cambio climático.

La protección del medioambiente considera los pasivos ambientales de la región a distintos niveles (recuperación de fertilidad de la tierra, la reforestación nativa, el control de la erosión, la protección y recuperación de especies en categoría de conservación o en peligro extinción, así como la limpieza del aire urbano), en complemento con el resguardo de objetivos territoriales ambientales zonificados por usos preferentes cuando corresponda, en función de las áreas que contienen recursos naturales relevantes y/o que cumplen funciones ambientales de relevancia regional.

La participación ciudadana y cultura del agua parte del concepto de inculcar valores, conceptos, habilidades y competencias en la sociedad, para que sean protagonistas de este proceso. Esta visión sólo se presenta desarrollada en la ERD.

En la tabla siguiente se presenta una compilación de los lineamientos principales de cada documento revisado, clasificados por área temática.

Tabla 9-3 Comparación por área temática de instrumentos de desarrollo regional

Área Temática	Estrategia Regional de Desarrollo (ERD) 2008	Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT) 2011	Plan de Desarrollo de Territorios Rezagados (PDTR) 2014
Planificación y Gestión de Recursos Hídricos	EJE III. Territorio, Infraestructura y Medioambiente. Numeral 1.3. Instrumentos de Planificación. Fomentar la planificación participativa del territorio y las ciudades. Promover reformas políticas que orienten los instrumentos de planificación a la descentralización y la democratización. Incorporar con mayor énfasis en los instrumentos de planificación: la dimensión de identidad regional, patrimonio y diversidad cultural; la proyección de crecimiento demográfico y variables económicas; y el medio ambiente y gestión integrada de cuencas hidrográficas.	Criterio de Sustentabilidad N° I La Región del Maule y su Plan Regional de Ordenamiento Territorial, prioriza el manejo integrado de las Cuencas de los ríos Maule, Mataquito y Cuencas Costeras, resguardando la calidad y cantidad del recurso hídrico para consumo humano, servicios ambientales, sanitarios y el desarrollo de actividades turísticas, silvoagropecuarias y pesqueras, fortaleciendo el desarrollo económico integral, promoviendo nuevas inversiones productivas, aumentando el empleo en la región, el uso racional del recurso suelo y las condiciones de vida de los habitantes de las localidades rurales (del secano costero, del secano interior, precordillera y cordillera andina), con el propósito de favorecer su integración al proceso de desarrollo socioeconómico de la región …	---

Tabla 9-3 Comparación por área temática de instrumentos de desarrollo regional			
Área Temática	**Estrategia Regional de Desarrollo (ERD)** **2008**	**Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT)** **2011**	**Plan de Desarrollo de Territorios Rezagados (PDTR)** **2014**
		Objetivo Específico c) Sistematizar el conocimiento detallado de los problemas y procesos territoriales propios, lo que implica identificar y especificar necesidades y requerimientos de información georreferenciada con el fin de establecer las tendencias y prospectivas territoriales.	
Disponibilidad de Recursos Hídricos y Situación Legal	EJE 3. Territorio, Infraestructura y Medioambiente. 3. Prácticas sustentables ambientales 3.4 Producción Limpia Apoyar y capacitar al sector industrial y agropecuario en el mejor uso del recurso hídrico (tecnologías de goteo, cantidades óptimas de agua, etc.) 4. Riego: Elevar la cantidad, eficiencia y calidad del recurso hídrico para uso doméstico, silvoagropecuario e industrial en la Región del Maule	Criterio de Sustentabilidad N° I La Región del Maule y su Plan Regional de Ordenamiento Territorial, prioriza el manejo integrado de las Cuencas de los ríos Maule, Mataquito y Cuencas Costeras, <u>resguardando la calidad y cantidad del recurso hídrico</u> para consumo humano, servicios ambientales, sanitarios y el desarrollo de actividades turísticas, silvoagropecuarias y pesqueras … Objetivo Específico b) Definir zonas prioritarias y preferentes en función de su aptitud principal, fomentando la compatibilidad entre diversos usos del territorio, la coordinación de ofertas y demandas territoriales, especialmente de aquellas que no se pueden imponer a través de mecanismos de mercado.	EJE 3. 3. Desarrollo de infraestructura habilitante, en 3 ámbitos: recursos hídricos, conectividad física y digital, y habitabilidad. a) Iniciativas relacionadas con los recursos hídricos: • Incorporar tecnología en riego. • Incorporación nuevas variedades de frutillas. • Construcción y/o reposición de invernaderos con policarbonato. • Fondo concursable de apoyo a mejoras en los sistemas de producción y cosecha de berries. • Implementación de sistemas de riego tecnificado. • Desarrollo de diseño y ejecución de proyectos de agua potable y alcantarillado.

Tabla 9-3 Comparación por área temática de instrumentos de desarrollo regional

Área Temática	Estrategia Regional de Desarrollo (ERD) 2008	Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT) 2011	Plan de Desarrollo de Territorios Rezagados (PDTR) 2014
			• Apoyo a proyectos de embalses territoriales
Respuesta ante escasez, eventos extremos y cambio climático	EJE 3. Territorio, Infraestructura y Medioambiente. 3. Prácticas sustentables ambientales 3.2. Programas de prevención: Fortalecer la unidad para la recolección y difusión de información, oportunidades y amenazas relacionadas con los efectos del cambio climático.	---	---
Protección y conservación ambiental	EJE 3. Territorio, Infraestructura y Medioambiente. 3. Prácticas sustentables ambientales 3.1. Programas de corrección: Generar e implementar un plan de evaluación y corrección de los principales daños ambientales en la región, con especial énfasis en la recuperación de fertilidad de la tierra, la reforestación nativa, el control de la erosión, la protección y recuperación de especies en categoría de conservación o en peligro extinción, y la limpieza del aire urbano. 3.3. Áreas protegidas y biodiversidad: Desarrollar una política regional que posibilite el reconocimiento y mantención de la biodiversidad presente en	Criterio de Sustentabilidad N° I La Región prioriza el manejo integrado de Cuencas, resguardando la calidad y cantidad del recurso hídrico para consumo humano, servicios ambientales, sanitarios y el desarrollo de actividades económicas … A su vez actualiza y reconoce dentro del territorio regional las Áreas Ecológicas Sensibles y el Patrimonio Cultural y Turístico, protegiendo la biodiversidad y su particular endemismo. Objetivo Específico d): Definir objetivos territoriales ambientales zonificados por usos preferentes cuando corresponda, en función de las áreas que contienen recursos naturales	---

Tabla 9-3 Comparación por área temática de instrumentos de desarrollo regional			
Área Temática	**Estrategia Regional de Desarrollo (ERD) 2008**	**Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT) 2011**	**Plan de Desarrollo de Territorios Rezagados (PDTR) 2014**
	los ecosistemas de la Región del Maule.	relevantes y/o que cumplen funciones ambientales de relevancia regional. Complementariamente, se determinan las áreas de riesgo de origen natural. Objetivo Ambiental N° II: Reconocer dentro del territorio regional las Áreas Ecológicas Sensibles y el Patrimonio Cultural y Turístico … y específica en territorios vulnerables como el secano interior, de las actividades económicas incompatibles y de las amenazas antrópicas y naturales, como por ejemplo los incendios forestales, asegurando el resguardo de la biodiversidad …	
Participación ciudadana y cultura del agua	EJE 3. Territorio, Infraestructura y Medioambiente. 3. Prácticas sustentables ambientales 3.5. Cultura Ambiental Fomentar el desarrollo de valores, conceptos, habilidades, competencias y actitudes en la comunidad regional de tal forma que la involucre como protagonista del proceso de protección del medio ambiente, llegando a constituirlas en elemento primordial de la gestión ambiental y en una sólida base del desarrollo sustentable efectivo de la	---	---

Tabla 9-3 Comparación por área temática de instrumentos de desarrollo regional			
Área Temática	**Estrategia Regional de Desarrollo (ERD) 2008**	**Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT) 2011**	**Plan de Desarrollo de Territorios Rezagados (PDTR) 2014**
	Región. Todo esto en concordancia con la educación para el desarrollo sustentable		

Fuente: Elaboración propia.

9.5.3. Instrumentos para adaptación al Cambio Climático

El cambio climático es la temática transversal a todos los instrumentos revisados, al mismo tiempo que constituye un pilar dentro de la planificación, toda vez que se cuenta con un Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático I (PANCC I) para el período 2008-2012, y un documento en elaboración (PANCC II), para el período 2017-2022, además de planes sectoriales que los complementan.

Respecto de la planificación de recursos hídricos, se propone la elaboración de planes sectoriales y la incorporación del cambio climático en las líneas de gestión ambiental a nivel regional u local. En complemento, el plan del sector silvoagropecuario destaca este aspecto con el propósito de optimizar el uso del agua en la agricultura. Así mismo, se menciona la necesidad de desarrollar un sistema de información ad-hoc, de investigación y de fomento. El PANCC II incorpora además la necesidad de fortalecer la institucionalidad para hacer frente al cambio climático, el desarrollo de un marco regulatorio específico, como la coordinación con otras políticas públicas, y desarrollo de información a nivel regional y comunal para apoyar la toma de decisiones.

Respecto a la disponibilidad de recursos hídricos, el mismo plan sectorial silvoagropecuario menciona la promoción del uso eficiente mediante la

incorporación de la huella del agua en la agricultura, aumento de líneas de investigación asociada a las especies empleadas en los cultivos agrícolas, así como la promoción de la sustentabilidad económica, social y ambiental, y la implementación de fuentes complementarias como sistemas de cosecha de agua de lluvia.

El cambio climático y los eventos extremos precisa de mayor información para la toma de decisiones en el marco de la gestión del riesgo, aumentar los niveles de investigación científica en cambio climático, así como fortalecer los instrumentos de inversión y de control de riesgo (seguro agrícola), adaptándolos a este nuevo escenario. El PANCC II incorpora específicamente el fortalecimiento en capacidades de gestión del riesgo de desastres, indicadores de adaptación, mecanismos de integración de aspectos sociales, y desarrollo de planes sectoriales.

La protección y conservación del medioambiente se aborda principalmente en el plan sectorial de biodiversidad, el que incorpora la investigación específica en biodiversidad y creación de capacidades de gestión; la promoción de prácticas productivas sustentables; y el fortalecimiento del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas, así como la implementación de distintas medidas en los ecosistemas del país.

La participación ciudadana y la cultura del agua se abordan en el Plan Nacional, el cual incorpora la comunicación y educación ambiental como elementos clave para la sensibilización ambiental. El PANCC II complementa la necesidad de desarrollar una estrategia de sensibilización, y destaca la importancia del desarrollo de capacidades en los gobiernos regionales y municipales, específicamente el Sistema de Certificación Ambiental Municipal (SCAM) y el programa de barrios sustentables.

En la tabla siguiente se muestra el detalle de los lineamientos expuestos en cada uno de los planes precedentes, clasificados por área temática.

Tabla 9-4 Comparación por área temática de Instrumentos de Adaptación al Cambio Climático

Área Temática	Plan Nacional de Adaptación Al Cambio Climático PANCC I 2014	Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario 2013	Plan de Adaptación al Cambio Climático en Biodiversidad 2014	Plan Nacional de Adaptación Al Cambio Climático PANCC II EN DISCUSIÓN
Planificación y Gestión de Recursos Hídricos	Línea Sectorial. Elaboración de planes sectoriales de adaptación al cambio climático e Implementación de planes sectoriales de adaptación al cambio climático.	LÍNEA 1: Fortalecer la planificación y gestión de los recursos hídricos a nivel nacional para optimizar el uso del agua en la agricultura. LÍNEA 21: Desarrollar directrices a incorporar en las instancias de capacitación en cambio climática. LÍNEA 20: Desarrollar un sistema de información para la adaptación al cambio climático. LÍNEA 10: Apoyo a la investigación y fomento a la innovación en gestión de recursos hídricos en el sector silvoagropecuario.	---	Este Plan presenta, dentro del Eje de Adaptación, la necesidad de Elaborar e implementar planes sectoriales de adaptación (LA6). En el Eje 3, MEDIOS DE IMPLEMENTACIÓN propone el desarrollo de un Marco regulatorio sobre cambio climático (LA19), y de una Coordinación con otras políticas públicas en los ejes de: mitigación, adaptación y gestión del cambio climático a nivel regional y comunal (LA20). Respecto de la información disponible, el Eje de Adaptación señala la necesidad de Generación, actualización y análisis de información climática y de vulnerabilidad (LA1). En complemento, el EJE 4. GESTIÓN DEL CAMBIO

Tabla 9-4 Comparación por área temática de Instrumentos de Adaptación al Cambio Climático

Área Temática	Plan Nacional de Adaptación Al Cambio Climático PANCC I 2014	Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario 2013	Plan de Adaptación al Cambio Climático en Biodiversidad 2014	Plan Nacional de Adaptación Al Cambio Climático PANCC II EN DISCUSIÓN
				CLIMÁTICO A NIVEL REGIONAL Y COMUNAL, destaca el Desarrollo de información a nivel regional y comunal para apoyar la toma de decisiones (LA32).
Disponibilidad de Recursos Hídricos y Situación Legal	---	Eje 2. Fomentar le investigación e innovación: Líneas 8, 9, 10, 11,12. LÍNEA 19 Diseñar un programa de certificación de la huella del agua de los productos agropecuarios. EJE 3. Promover la sustentabilidad económica, social y ambiental LÍNEA 17: Estudiar los requerimientos hídricos de especies forestales nativas y exóticas LÍNEA 18: Implementar sistemas de cosecha de agua lluvia para riego y bebida.	---	---

Tabla 9-4 Comparación por área temática de Instrumentos de Adaptación al Cambio Climático

Área Temática	Plan Nacional de Adaptación Al Cambio Climático PANCC I 2014	Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario 2013	Plan de Adaptación al Cambio Climático en Biodiversidad 2014	Plan Nacional de Adaptación Al Cambio Climático PANCC II EN DISCUSIÓN
Respuesta ante escasez, eventos extremos y cambio climático	T.1 Investigación científica • L1 Marco de referencia científico en cambio climático • L2 Fomento de la investigación científica en cambio climático • L3 Difusión de resultados L8 Información para la toma de decisiones en el marco de la gestión del riesgo.	LÍNEA 5: Adecuar el instrumento Seguro Agrícola para enfrentar el cambio climático LÍNEA 7 Apoyar la inversión productiva para mejorar la adaptación a los efectos del cambio climático del sector silvoagropecuario		Todo el documento se refiere al cambio climático. En particular, en el Eje 1, ADAPTACIÓN, se incluyen las siguientes líneas de acción: LA2: Desarrollo de información para la toma de decisiones en el marco de la gestión del riesgo de desastres. LA3: Fortalecimiento de capacidades en gestión del riesgo de desastres para la adaptación al cambio climático. LA4. Generación y seguimiento de indicadores de adaptación. LA5. Desarrollo de mecanismos para la integración de aspectos

Tabla 9-4 Comparación por área temática de Instrumentos de Adaptación al Cambio Climático

Área Temática	Plan Nacional de Adaptación Al Cambio Climático PANCC I 2014	Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario 2013	Plan de Adaptación al Cambio Climático en Biodiversidad 2014	Plan Nacional de Adaptación Al Cambio Climático PANCC II EN DISCUSIÓN
				sociales y adaptación al cambio climático. LA6. Elaboración e implementación de planes sectoriales de adaptación.
Protección y conservación ambiental	---	---	Objetivo específico 1 Investigación en biodiversidad y creación de capacidades en gestión, información y conciencia ambiental, a nivel nacional, regional y local. Objetivo específico 2 Promoción de prácticas productivas sustentables para la adaptación al cambio climático en biodiversidad y la mantención de los servicios ecosistémicos. Objetivo específico 3 Consideración de objetivos de biodiversidad en los instrumentos de	

Tabla 9-4 Comparación por área temática de Instrumentos de Adaptación al Cambio Climático

Área Temática	Plan Nacional de Adaptación Al Cambio Climático PANCC I 2014	Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario 2013	Plan de Adaptación al Cambio Climático en Biodiversidad 2014	Plan Nacional de Adaptación Al Cambio Climático PANCC II EN DISCUSIÓN
			planificación territorial urbana, planes regionales de ordenamiento territorial (PROT), u otros, como mecanismo de adaptación al cambio climático. Objetivo específico 4: Fortalecimiento del Sistema Nacional de Áreas Protegidas e implementación de medidas de adaptación al cambio climático a nivel de ecosistemas y especies, en ambientes tanto terrestres como marinos, costeros, de aguas continentales e islas oceánicas, tanto en espacios rurales como urbanos y periurbanos.	
Participación ciudadana y cultura del agua	T.2 Comunicación y educación ambiental • L4 Definir una Estrategia comunicacional	---	---	Respecto de la comunidad, el Eje 3. MEDIOS DE IMPLEMENTACIÓN, plantea la necesidad de Crear las capacidades nacionales para la gestión del cambio climático y entregar

Tabla 9-4 Comparación por área temática de Instrumentos de Adaptación al Cambio Climático

Área Temática	Plan Nacional de Adaptación Al Cambio Climático PANCC I 2014	Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario 2013	Plan de Adaptación al Cambio Climático en Biodiversidad 2014	Plan Nacional de Adaptación Al Cambio Climático PANCC II EN DISCUSIÓN
	• L5 Educación y sensibilización ambiental			asistencia técnica. Para esto propone: LA23. Fomento de la investigación en temas de cambio climático. LA24. Estrategia de Educación. LA25. Estrategia de Sensibilización. LA26. Cooperación Internacional. En complemento, el EJE 4. GESTIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO A NIVEL REGIONAL Y COMUNAL, identifica la necesidad de Desarrollo de capacidades en los gobiernos regionales y municipales, a través de las siguientes líneas:

Tabla 9-4 Comparación por área temática de Instrumentos de Adaptación al Cambio Climático				
Área Temática	**Plan Nacional de Adaptación Al Cambio Climático** **PANCC I** **2014**	**Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario** **2013**	**Plan de Adaptación al Cambio Climático en Biodiversidad** **2014**	**Plan Nacional de Adaptación Al Cambio Climático** **PANCC II** **EN DISCUSIÓN**
				LA33. Desarrollo de Programas de capacitación y difusión. LA34. Fortalecer el Sistema de Certificación Ambiental Municipal (SCAM) y el programa de barrios sustentables.

Fuente: Elaboración propia.

9.6. CONCLUSIONES

La planificación de los recursos hídricos es reconocida como un tema relevante que al mismo tiempo presenta grandes desafíos en el ordenamiento institucional actual. La Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH, 2015), indica en su Eje N°1, Línea de Acción 1, la necesidad de instaurar la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) como política nacional, y al respecto comenta que la alta dispersión de instituciones relacionadas dificulta la implementación de esta política. La gestión integrada también es incluida en la Estrategia Nacional de Recursos Hídricos (ENRH, 2011), el Atlas del Agua (AG, 2016), el Plan Regional de Infraestructura y Recursos Hídricos de la DOH (PRIRH, 2010), Plan Director de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Maule (PDRHM, 2007), la Estrategia Regional de Desarrollo (ERD, 2008), y el Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT, 2011), entre otros.

A pesar de esta alta convergencia en los propósitos, no existe un marco normativo ni institucional que permita su concreción. De esta forma, el reordenamiento institucional y la modificación legal de los recursos hídricos aparece también mencionada en la PNRH y la ENRH, así como es recogida en la propuesta de "Temas Prioritarios para una Política Nacional de Recursos Hídricos", elaborado por el Instituto de Ingenieros en 2011. Este documento señala que en ausencia de una autoridad pública superior única, que coordine el conjunto de funciones del Estado en relación con el agua, resulta difícil generar e implementar políticas generales coherentes y lograr que las funciones asociadas a la gestión del agua se ejerzan en forma armónica, lo que coincide con lo expresado por el Banco Mundial. Esto se manifestaría, por ejemplo, en la superposición de algunas funciones y actividades (que resulta en un mal aprovechamiento de los recursos públicos asignados al sector), y en la competencia presupuestaria entre las instituciones para actividades y funciones similares.

De la misma forma, el informe emitido por el Banco Mundial en 2011, señala que a pesar de que la DGA debe llevar a cabo de planificación hidrológica (art. 299 CA de 1981), la actual planificación se reduce a la determinación

de la disponibilidad de agua, con el fin de otorgar nuevos derechos y declarar zonas de restricción o prohibición. A pesar de que se desarrollaron en el pasado algunos instrumentos orientativos con estos fines (planes de cuenca), éstos nunca tuvieron un carácter normativo. Si reconoce, en cambio, la participación en los EIA, mediante la determinación del impacto del proyecto a estudiar en la disponibilidad de agua, impacto en los cauces, caudal ecológico y, en la calidad del recurso.

Una dificultad particular de los arreglos institucionales de Chile es que la DGA, el órgano con la responsabilidad principal de la supervisión de la GRH del país, tiene menor jerarquía institucional que, por ejemplo, el Ministerio de Medioambiente (MMA) responsable de la calidad de aguas. Otro problema se encuentra en el área legal, donde el Código de Aguas (CA) no entra necesariamente en conflicto con las leyes principales de otros sectores como el eléctrico o la minería pero se podría considerar secundario y facilitar la puesta en vigor de las otras leyes. Estos y otros temas, como la falta de complementariedad en las funciones, la no compartición de información clave (que además se encuentra fragmentada), y la existencia de diferentes solapes, crea una serie de interferencias con otras instituciones dentro y fuera del sector del agua.