GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS Y PLANIFICACIÓN

ANÁLISIS PARA EL DESARROLLO DE UN PLAN DE GIRH EN LA CUENCA DEL CHOAPA

INFORME FINAL

REALIZADO POR:

RODHOS ASESORÍAS Y PROYECTOS LTDA.

SIT Nº 420

Santiago, Noviembre de 2017

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Ministro de Obras Públicas
Sr. Alberto Undurraga Vicuña

Director General de Aguas
Sr. Carlos Estévez Valencia

Jefe División Estudios y Planificación
Ing. Civil Sr. Adrián Lillo Zenteno

Director Regional DGA Región de Coquimbo
Ing. Constructor Sr. Carlos Galleguillos Castillo

Inspectores Fiscales
Geógrafo Sr. Paul Dourojeanni Schlotfeldt
Ing. en Recursos Naturales Renovables, MSc. Sr. Nicolás Ureta Parraguez
Ing. Civil Sra. Andrea Osses Vargas

RODHOS Asesorías y Proyectos Ltda

Jefe de Proyecto
Ing. Civil MBA Sra. Damaris Orphanópoulos Stehr

Profesionales
Ing. Hidráulico Sr. Pascal Dumoulin, apoyo Jefatura de Proyecto
Ing. Agrónomo Sr. Eduardo Bustos, especialista Modelación
Ing. Químico Sra. Marcela Garrido, especialista Calidad y Medio ambiente
Ing. Civil Industrial Sr. Marcos Bórquez, especialista Economía
Ing. Agrónomo PhD Economía Agraria Sr. Guillermo Donoso,
especialista Economía y Ciencias Sociales
Psicólogo Sr. Juan Luis Walker, especialista Ciencias Sociales
Ing. Civil Industrial Sr. Cristian Baquedano, apoyo Ciencias Sociales
Ing. Agrónomo Sr. David Morales, especialista Visualizador Web
Geógrafo Sr. Camilo Bastías, apoyo Territorial

Para citar bibliográficamente este estudio, se recomienda hacerlo de esta forma:

DGA (2017), Análisis para el desarrollo de un Plan de GIRH en la Cuenca del Choapa, SIT N° 420, Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, División de Estudios y Planificación, Santiago, Chile, Realizado por: RODHOS Asesorías y Proyectos Ltda.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO 19

1.1 ANTECEDENTES GENERALES 19

1.2 ALCANCE 20

1.3 OBJETIVO GENERAL 21

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 23

2 RECOPILACIÓN DE ANTECEDENTES 27

2.1 SÍNTESIS DE LA INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA 27

2.2 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN SOBRE MODELOS HIDROLÓGICOS INTEGRADOS DE LA CUENCA 31

3 EXPERIENCIA INTERNACIONAL DE GIRH 35

3.1 MÉXICO 38

3.2 FRANCIA 39

3.3 AUSTRALIA 41

4 SOBRE LA GESTIÓN INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS 45

4.1 BREVE HISTORIA DE LA GIRH 45

4.2 CONCEPTOS Y PRINCIPIOS DE LA GIRH 48

4.3 APLICACIÓN DE LA GIRH, O PLAN GIRH 52

5 DIAGNÓSTICO 57

5.1 DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEOS A NIVEL DE CUENCA 57

5.1.1 Oferta 57

5.1.2 Demanda 63

5.1.3 Balance 67

5.2 DISPONIBILIDAD A NIVEL DE SUBCUENCA 68

5.3 DERECHOS DE AGUA 74

5.3.1 Derechos de organizaciones de usuarios de agua 74

5.3.2 Derechos registrados en el CPA 78

5.3.3 Zonas de agotamiento y áreas de restricción 88

5.3.4 Transacciones de derechos 89

5.3.5 Racionamiento y Concesiones 90

5.4 USO DEL SUELO, TIPOS DE CULTIVO, CAMBIOS DE USO DEL SUELO 91

5.4.1 Aspectos generales 91

5.4.2 Cambios de uso del suelo 92

5.4.3 Variaciones temporales de uso de suelo 93

5.4.4 Aptitud de suelos 93

5.4.5 Tipos de cultivo 94

5.5 CALIDAD DE AGUAS, PROCESOS Y FUENTES DE CONTAMINACIÓN 96

5.6 LA SITUACIÓN AMBIENTAL DE LOS CUERPOS DE AGUA, AIRE Y SEDIMENTOS 102

5.6.1 Aguas superficiales 102

5.6.2 Áreas Protegidas 103

5.6.3 Calidad del aire 104

5.6.4 Calidad de sedimentos fluviales 107

5.7 INFRAESTRUCTURA DE APROVECHAMIENTO Y REGULACIÓN 114
5.7.1 Embalses 114
5.7.2 Canales y su equipamiento 114
5.7.3 Red de monitoreo 122
5.8 EVENTOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS Y MANEJO DE CAUCES 127
5.8.1 Crecidas 127
5.8.2 Sequías 133
5.9 SERVICIOS DE AGUA POTABLE URBANA (APU) Y RURAL (APR) 137
5.9.1 Consumos de agua potable urbana y rural 137
5.9.2 Cobertura 139
5.9.3 Derechos otorgados 139
5.9.4 Problemas de abastecimiento 140
5.9.5 APR en zonas de agotamiento y áreas de restricción 142
5.10 DIAGNÓSTICO DE LA GOBERNANZA A NIVEL NACIONAL 146
5.10.1 Bases para el diagnóstico 146
5.10.2 Conclusiones sobre desempeño de la institucionalidad pública nacional 155
5.11 DIAGNÓSTICO DE LA GOBERNANZA A NIVEL REGIONAL Y PROVINCIAL 156
5.11.1 Institucionalidad pública 156
5.11.2 Coordinación interinstitucional 159
5.11.3 Gobernanza local desde la necesidad 162
5.11.4 Administración descentralizada – Organizaciones de usuarios 168
5.11.5 Otras experiencias de gobernanza a nivel regional 172
5.11.6 Conclusiones 178
5.12 FUENTES DE POTENCIALES CONFLICTOS 179
5.13 PLANES EXISTENTES PARA LA CUENCA DEL CHOAPA 182
6 TRABAJO DE TERRENO 187
6.1 TALLER Nº 1 188
6.2 TALLER Nº 2 190
6.3 TALLER Nº 3 193
6.4 TALLER Nº 4 194
6.5 TALLER Nº 5 194
6.6 TALLER Nº 6 195
6.7 DESCRIPCIÓN DE LAS ENTREVISTAS 196
7 FORMULACIÓN DE LA GOBERNANZA 201
7.1 ASPECTOS CONCEPTUALES 201
7.2 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE GOBERNANZA PARA LA GIRH 204
7.2.1 Listado de actores 204
7.2.2 Caracterización de actores mediante matriz poder/interés 206
7.2.3 Elaboración del mapa de actores con aporte colectivo 210
7.3 PROPOSICIÓN DE LA GOBERNANZA 213
7.3.1 Bases para la formación de una gobernanza 215
7.3.2 Fórmulas analizadas 215
7.3.3 Ventajas de una corporación 218
7.3.4 Formalización de la corporación 220
7.3.5 Objetivo de la corporación 221
7.3.6 Financiamiento de la Corporación 221
7.3.7 Valores que se espera tenga la Corporación 222

7.4 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL 224
7.4.1 Asamblea Consultiva 224
7.4.2 Junta de Socios 225
7.4.3 Directorio 225
7.4.4 Secretaría Ejecutiva 226
7.5 COSTOS DE INSTALACIÓN Y OPERACIÓN 226
7.6 ESTATUTOS 227
7.7 MODIFICACIONES LEGALES 228
7.7.1 Modificaciones legales de propuestas anteriores 228
7.7.2 Modificaciones legales propuestas en el presente estudio 237
8 FORMULACIÓN DEL PLAN GIRH 239
8.1 ANTECEDENTES DE OTROS PLANES 239
8.2 DEFINICIÓN DE RESULTADOS ESPERADOS 242
8.3 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS ESTRATÉGICOS 245
8.4 VINCULACIÓN CON OTROS PLANES 245
8.5 PRIORIZACIÓN DE LOS RESULTADOS ESPERADOS 246
8.5.1 Metodologías de priorización 246
8.5.2 Priorización por resultado esperado 247
8.6 DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS DE ACCIÓN 252
8.7 RESPONSABLES DE LOS RESULTADOS ESPERADOS 252
8.8 ESTIMACIÓN DE COSTOS 253
8.9 MODALIDADES DE FINANCIACIÓN 256
8.9.1 Visión general 256
8.9.2 Instituciones de financiamiento 257
8.10 PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL. INDICADORES 265
8.11 CRONOGRAMA 267
8.12 ESCENARIOS DE DESARROLLO, DEMANDA FUTURA Y RIESGO 267
9 MODELO HIDROLÓGICO INTEGRADO WEAP Y ESCENARIOS DE DESARROLLO 271
9.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES 271
9.1.1 Desarrollo del modelo WEAP Choapa 271
9.1.2 Topología del modelo WEAP 272
9.1.3 Funcionamiento general del modelo WEAP y complementos 277
9.1.4 Cambio a nueva versión oficial de 2016 278
9.2 ACTUALIZACIÓN DEL MODELO WEAP 279
9.2.1 Actualización de variables hidrometeorológicas 279
9.2.2 Actualización de la serie de desmarques aplicados por la Junta de Vigilancia del río Choapa 280
9.2.3 Actualización del balance de entradas y salidas en embalse Corrales 281
9.3 CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO 282
9.3.1 Calibración del modelo WEAP hidrológico 282
9.3.2 Calibración del modelo WEAP de gestión 285
9.3.3 Balances en período de calibración 291
9.3.4 Particularidad de la cuenca del río Cuncumén 297

9.4 ESCENARIOS FUTUROS 301
9.4.1 Escenario Futuro Base 302
9.4.2 Preparación de escenarios de cambio climático 305
9.4.3 Escenarios de cambio climático 321
9.4.4 Escenarios de cambios estructurales y de gestión 326

10 EXPLORACIÓN DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LOS ESCENARIOS CON WEAP 357

10.1 PRESENTACIÓN GENERAL 357
10.2 REVISIÓN DE PUBLICACIONES WEAP 358
10.3 EVALUACIÓN ECONÓMICA CON WEAP 358
10.3.1 Metodología 358
10.3.2 Resultados de la evaluación económica con WEAP 359
10.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA CON METODOLOGÍA TRADICIONAL 366
10.5 CONCLUSIONES SOBRE LA HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN ECONÓMICA DE WEAP 374

11 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE ESCENARIOS 377

11.1 EVALUACIÓN DE INGRESOS ANUALES 378
11.2 EVALUACIÓN DE COSTOS 378
11.3 VALOR PRESENTE NETO DE CADA ESCENARIO 379
11.4 ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD DE LOS ESCENARIOS 381
11.5 EVALUACIÓN SOCIAL DE LAS ACCIONES DEL PLAN 382

12 EXPLORACIÓN MODELACIÓN DE CALIDAD DE AGUAS CON WEAP 385

12.1 PUBLICACIONES DISPONIBLES 385
12.2 MODELOS DE CALIDAD DISPONIBLES DENTRO DE WEAP 385
12.3 DATOS DE CALIDAD DISPONIBLES EN LA CUENCA DEL CHOAPA 386
12.4 APLICACIÓN DEL MODELO DE CALIDAD 388
12.4.1 Selección de variables a modelar 388
12.4.2 Relleno de datos mensuales 389
12.4.3 Aplicación del modelo de calidad para las variables seleccionadas 389
12.5 ANÁLISIS CRÍTICO DE LA MODELACIÓN DE CALIDAD CON WEAP 399

13 DESARROLLO DE PÁGINA WEB Y VISUALIZADOR 401

13.1 DEFINICIÓN DE ESTRUCTURA DE CONTENIDOS 402
13.2 PROPUESTA DE ARQUITECTURA Y DISEÑO 404
13.3 GENERACIÓN DE CONTENIDOS 405
13.3.1 Base de datos revisión bibliográfica 405
13.3.2 Base de datos modelos hidrológicos revisados 405
13.4 DESARROLLO DE PLATAFORMA DE VISUALIZACIÓN 405
13.4.1 Estructura de visualización de la plataforma 407
13.4.2 Alimentación de la Plataforma 412
13.4.3 Coberturas SIG de modelación WEAP 415
13.4.4 Resultados que se visualizarán 415
13.4.5 Manuales 415
13.5 COBERTURAS SIG 416

14 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 417
14.1 ANTECEDENTES RELEVANTES..... 417
14.2 CONCLUSIONES DEL DIAGNÓSTICO..... 418
14.3 RESULTADOS DEL TRABAJO REALIZADO..... 428
14.4 RECOMENDACIONES A PARTIR DEL TRABAJO REALIZADO 432
14.4.1 Recomendaciones específicas..... 432
14.4.2 Recomendaciones para una GIRH en la cuenca del choapa..... 434
14.5 CONCLUSIÓN FINAL..... 436
15 BIBLIOGRAFÍA CITADA..... 439
15.1 BIBLIOGRAFÍA CON FICHAS SOLICITADA EN LOS TR 439
15.2 BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL CON FICHAS..... 440
15.3 BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL CITADA EN EL TEXTO..... 443
15.4 PÁGINAS WEB CONSULTADAS..... 449
16 ANEXO DIGITAL..... 451
16.1 TEXTO..... 451
16.2 ANEXOS 451

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.2-1 Diagrama del estudio 21
Figura 4.1-1 Desarrollo de los Planes Directores y Maestros a nivel de cuenca en Chile 47
Figura 5.1-1 Régimen de caudales afluentes a la cuenca del Choapa 58
Figura 5.1-2 Sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común SHAC 60
Figura 5.1-3 Profundidad del basamento estudio CORFO 61
Figura 5.1-4 Acuíferos definidos en el presente estudio para el modelo WEAP 61
Figura 5.1-5 Volumen de almacenamiento máximo de embalses superficiales 62
Figura 5.1-6 Ubicación demanda agrícola: zonas de riego modeladas 64
Figura 5.1-7 Ubicación de la demanda de agua potable urbana y rural cuenca Choapa 65
Figura 5.1-8 Balance entre oferta 50% y demanda a nivel de cuenca 67
Figura 5.1-9 Balance entre oferta 85% y demanda a nivel de cuenca 68
Figura 5.2-1 Balance 50% Choapa Alto 69
Figura 5.2-2 Balance 85% subcuenca Choapa Alto 69
Figura 5.2-3 Balance subcuenca Chalinga oferta 50% 70
Figura 5.2-4 Balance subcuenca Chalinga oferta 85% 70
Figura 5.2-5 Balance subcuenca Choapa Medio entre Chalinga e Illapel 71
Figura 5.2-6 Balance subcuenca Illapel condición 50% 71
Figura 5.2-7 Balance subcuenca Illapel situación 85% 72
Figura 5.2-8 Balance subcuenca Canela 72
Figura 5.2-9 Balance subcuenca Choapa Bajo 74
Figura 5.3-1 Derechos superficiales consuntivos 82
Figura 5.3-2 Derechos superficiales no consuntivos CPA cuenca Choapa 83
Figura 5.3-3 Derechos subterráneos (consuntivos) CPA cuenca Choapa 83
Figura 5.3-4 Evolución temporal del Nº de derechos constituidos cuenca Choapa 87
Figura 5.3-5 Evolución temporal de los caudales constituidos cuenca Choapa 87
Figura 5.3-6 Evolución temporal del Nº de derechos constituidos 87
Figura 5.3-7 Evolución temporal de los caudales constituidos 88
Figura 5.3-8 Mapa de identificación de acuíferos restringidos 89
Figura 5.6-1 Registro diario de MP10 en Cuncumén, SINCA 104
Figura 5.6-2 Registro diario de MP 10 período 2005-2016 Estación Cuncumén 106
Figura 5.6-3 Registro diario de MP 10 período 2005-2016 Estación Tranquilla 106
Figura 5.6-4 Registro diario de MP 10 período 2005-2016 Estación Quelén Alto 106
Figura 5.6-5 Registro diario de MP 10 período 2005-2016 Estación Camisas 107
Figura 5.6-6 Registro diario de MP 10 período 2005-2016 Estación Caimanes 107
Figura 5.6-7 Concentraciones de As, Cu y Fe (ppm), en aguas superficiales y sedimentos 109
Figura 5.9-1 Localización de los sistemas de APR en la cuenca de Choapa 138
Figura 5.9-2 Comités y cooperativas por sectores hidrogeológicos restringidos 143
Figura 5.10-1 Mapa de Actores Institucionales para la gestión de los recursos hídricos 147
Figura 5.10-2 Nivel de desempeño de las macro-funciones 149
Figura 5.12-1 Ubicación de problemas identificados en estudio anterior 181
Figura 6.1-1 Participación de los diferentes sectores en la gobernanza, taller 1 190
Figura 7.4-1 Estructura organizacional de la Corporación propuesta 224
Figura 8.5-1 Función de conversión de puntaje a porcentaje y viceversa 247
Figura 9.2-1 Serie de desmarques aplicados por la Junta de Vigilancia Choapa 281

Figura 9.2-2 Volumen observado y modelado para el embalse Corrales 282
Figura 9.3-1 Caudal observado y simulado en estación Choapa en Cuncumén 283
Figura 9.3-2 Caudal Choapa en Cuncumén simulado sin cambio climático 284
Figura 9.3-3 Caudal Choapa en Cuncumén simulado sin cambio climático 284
Figura 9.3-4 Caudal observado y modelado en la estación Río Choapa en Salamanca 286
Figura 9.3-5 Caudal observado y modelado en la estación Río Chalinga en San Agustín 286
Figura 9.3-6 Caudal observado y modelado en la estación Río Choapa en Puente Negro 287
Figura 9.3-7 Caudal observado y modelado en la estación Río Illapel en El Peral ... 287
Figura 9.3-8 Caudal observado y modelado en la estación Río Choapa antes junta Estero La Canela 288
Figura 9.3-9 Volumen observado y simulado en el embalse Corrales 288
Figura 9.3-10 Volumen observado y simulado en el embalse El Bato 289
Figura 9.3-11 Niveles estáticos observados y simulados en el acuífero AC_03 289
Figura 9.3-12 Niveles estáticos observados y simulados en el acuífero AC_08 290
Figura 9.3-13 Niveles estáticos observados y simulados en el acuífero AC_09 290
Figura 9.3-14 Niveles estáticos observados y simulados en el acuífero AC_28 291
Figura 9.3-15 Balance zona de riego 291
Figura 9.3-16 Porcentaje de demanda de riego suplida a partir del caudal demandado y entregado en la zona de riego ZR_08 292
Figura 9.3-17 Detalle de la entrega de agua por canal a la zona de riego ZR_08 ... 292
Figura 9.3-18 Distribución del agua entregada a la ZR_08 292
Figura 9.3-19 Balance de un acuífero 293
Figura 9.3-20 Recarga disponible por fuente para el acuífero AC_08 293
Figura 9.3-21 Comparación de recarga disponible y recarga efectiva o neta 294
Figura 9.3-22 Caudales extraídos del acuífero 08 294
Figura 9.3-23 Variación de volumen en el acuífero 294
Figura 9.3-24 Balance en un canal 295
Figura 9.3-25 Balance de entradas y salidas para el canal CA_11 Silvano 295
Figura 9.3-26 Detalle de los caudales entregados por el canal CA_11 a cada zona de riego 296
Figura 9.3-27 Caudal de salida al mar 296
Figura 9.3-28 Caudal de salida de la cuenca del río Choapa 297
Figura 9.3-29 Régimen observado y simulado en Cuncumén antes junta río Choapa período 1965-1999 298
Figura 9.3-30 Comparación promedio mensual observado y simulado, 1970-1999 298
Figura 9.3-31 Comparación régimen observado y simulado, 1999-2016 299
Figura 9.3-32 Caudal total Cuncumén y caudal que MLP deja pasar 299
Figura 9.3-33 Caudal total y caudal que MLP tiene derecho a retener 300
Figura 9.3-34 Comparación de lo que MLP retiene con lo que tiene derecho a retener 300
Figura 9.3-35 Caudal que pasa y caudal que debiera pasar hacia aguas abajo de MLP 300
Figura 9.4-1 Comportamiento del embalse Corrales en escenarios histórico y 304
Figura 9.4-2 Comparación % de demanda suplida en escenarios Calibración y 304
Figura 9.4-3 Modelos CGM evaluados en función de sus valores de delta de temperatura y precipitación 307
Figura 9.4-4 Patrones de precipitación para el periodo histórico y los dos escenarios futuros en las estaciones Cuncumén e Illapel 308

Figura 9.4-5 Cambios en los patrones de temperatura para el periodo histórico y los dos escenarios futuros considerados en las estaciones La Tranquilla e Illapel 309
Figura 9.4-6 Caudales generados en la estación Choapa en Cuncumén 311
Figura 9.4-7 Caudales generados en la estación Choapa en Cuncumén 311
Figura 9.4-8 Caudal promedio mensual río Choapa en Cuncumén 312
Figura 9.4-9 Caudal en Río Cuncumén antes del río Choapa 313
Figura 9.4-10 Comparación de estadísticas: futuro base y cambio climático 313
Figura 9.4-11 Caudal medio mensual Cuncumén sin extracción de MLP 314
Figura 9.4-12 Caudales mensuales sin extracción de MLP 314
Figura 9.4-13 Cálculo del factor de transposición ChoC-ILB 315
Figura 9.4-14 Verificación de la función de transposición ChoC-ILB 315
Figura 9.4-15 Caudal calculado en estación Illapel en Las Burras, ... 316
Figura 9.4-16 Caudal calculado en estación Illapel en Las Burras, ... 316
Figura 9.4-17 Cálculo del factor de transposición ChoC-ChaLP 317
Figura 9.4-18 Verificación de la función de transposición ChoC-ChaLP 317
Figura 9.4-19 Caudal calculado en estación Chalinga en La Palmilla, ... 318
Figura 9.4-20 Caudal calculado en estación Chalinga en La Palmilla, ... 318
Figura 9.4-21 Disponibilidad total del recurso hídrico cuenca del río Choapa: 320
Figura 9.4-22 Caudal promedio mensual Choapa en Salamanca 322
Figura 9.4-23 Caudal promedio mensual Chalinga en San Agustín 322
Figura 9.4-24 Caudal promedio mensual Illapel en El Peral 322
Figura 9.4-25 Caudal promedio mensual Choapa antes Estero La Canela 322
Figura 9.4-26 Volumen embalsado en el embalse Corrales y porcentaje de tiempo bajo umbral de 20 millones de m3 323
Figura 9.4-27 Volumen embalsado en el embalse El Bato 324
Figura 9.4-28 Porcentaje de demanda suplida en escenarios futuros 325
Figura 9.4-29 Ubicación preliminar embalse cabecera río Choapa 327
Figura 9.4-30 Evolución del volumen total del acuífero por escenario 330
Figura 9.4-31 Evolución del volumen en acuíferos más afectados por cambio climático 331
Figura 9.4-32 Evolución del volumen de los SHAC en escenarios extremos 332
Figura 9.4-33 Evolución de cultivos anuales en la cuenca 334
Figura 9.4-34 Estructura productiva − Evolución de los frutales en la cuenca 334
Figura 9.4-35 Demanda evapotranspirativa de los cultivos según ubicación y clima 336
Figura 9.4-36 Demanda de agua anual para riego por hectárea por tipo de cultivo 337
Figura 9.4-37 Porcentaje por cultivo de la demanda total de agua de riego 338
Figura 9.4-38 Porcentaje de demanda suplida escenario CC moderado 339
Figura 9.4-39 Porcentaje de demanda suplida en escenario de 100% tecnificación 339
Figura 9.4-40 Porcentaje de demanda suplida en escenario "Sin MPL CC Mod" 340
Figura 9.4-41 Bombeo desde acuífero Illapel en escenario de calibración 341
Figura 9.4-42 Agua total que recibe cada uso en el escenario Futuro Base 344
Figura 9.4-43 Afección del volumen de acuíferos en escenario de revestimiento de canales 345
Figura 9.4-44 Reducción del volumen debido al revestimiento de canales, por acuífero 346
Figura 9.4-45 Reducción de volumen atribuible al revestimiento 346
Figura 9.4-46 Reducción de volumen en porcentaje 346
Figura 9.4-47 Composición de la recarga Acuífero AC_03 Cuncumén 347
Figura 9.4-48 Composición de la recarga Acuífero AC_25 Illapel 347
Figura 9.4-49 Acuífero Cuncumén: Niveles modelados 348

Figura 9.4-50 Acuífero Illapel: Niveles esperados 348
Figura 9.4-51 Disponibilidad histórica mensual 349
Figura 9.4-52 Seguridad de riego de los escenarios simulados 355
Figura 10.3-1 Ingreso escenario FuturoBase, cuenca completa 360
Figura 10.3-2 Costos bombeo escenario FuturoBase, cuenca completa 361
Figura 10.3-3 Costos de inversión escenario FuturoBase, cuenca completa 361
Figura 10.3-4 Resultados o beneficios escenario FuturoBase, cuenca completa 361
Figura 10.3-5 Ingresos escenario Embalse_cabecera, cuenca completa 363
Figura 10.3-6 Costos bombeo escenario Embalse_cabecera, cuenca completa 363
Figura 10.3-7 Costos inversión escenario Embalse_cabecera, cuenca completa 363
Figura 10.3-8 Resultados o beneficios escenario Embalse_cabecera, cuenca completa 364
Figura 12.3-1 Estaciones vigentes superficiales de calidad de aguas de la DGA 387
Figura 12.4-1 Río Choapa: perfil longitudinal de concentración en Aluminio 391
Figura 12.4-2 Río Chalinga: perfil longitudinal de concentración en Aluminio 392
Figura 12.4-3 Río Illapel: perfil longitudinal de concentración en Aluminio 392
Figura 12.4-4 Río Choapa: Conductividad Específica simulada y observada 394
Figura 12.4-5 Río Chalinga: Conductividad Específica simulada y observada 395
Figura 12.4-6 Río Illapel: Conductividad Específica simulada y observada en estaciones de monitoreo de calidad 395
Figura 12.4-7 Relación entre conductividad específica en Illapel en El Peral 396
Figura 12.4-8 Río Illapel: Conductividad Específica simulada en planilla Excel (A=1500, B = 1) 397
Figura 12.4-9 Modelación de aporte de contaminantes en masa en WEAP (artificio) 397
Figura 12.4-10 Río Illapel en El Peral: Conductividad Específica simulada con WEAP (A′=50000000) 398
Figura 13.2-1 Propuesta de arquitectura y diseño para la página de inicio 404
Figura 13.4-1 Visualización inicial con las consideraciones generales 408
Figura 13.4-2 Visualización con zoom de base inicial que muestra todas las entidades agrupadas, y su número por *cluster* 409
Figura 13.4-3 Visualización después de un acercamiento haciendo énfasis en las entidades presentes, las cuales se aprecian con facilidad en su ubicación espacial 409
Figura 13.4-4 Detalle de búsqueda de entidades y/o localidades 410
Figura 13.4-5 Selección de entidades en visualizador. 411
Figura 13.4-6 Despliegue de atributos en el nodo seleccionado 412
Figura 13.4-7 Modelo de base de datos relacional 413

Nota: Todas las figuras sin indicación de fuente al pie, son de elaboración propia del consultor.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.1-1 Régimen de caudales afluentes a la cuenca del Choapa 58
Tabla 5.1-2 Oferta a nivel de cuenca: hidrológica y de captación 59
Tabla 5.1-3 Volúmenes de acuíferos para constitución de derechos 62
Tabla 5.1-4 Información de tipo de riego (ha) 64
Tabla 5.1-5 Demanda consuntiva y en bocatoma, por uso, en promedio, en m3/s .. 66
Tabla 5.3-1 Derechos de agua administrados por organizaciones de usuarios 78
Tabla 5.3-2 Derechos superficiales consuntivos inscritos en el CPA, ... 79
Tabla 5.3-3 Derechos por tipo registrados en el CPA-DGA en la cuenca del Choapa . 80
Tabla 5.3-4 Derechos por tipo registrados en el CPA por subcuenca del río Choapa . 81
Tabla 5.3-5 Derechos (superficiales y subterráneos) por uso cuenca Choapa 85
Tabla 5.3-6 Derechos (superficiales y subterráneos) por uso por subcuencas 85
Tabla 5.3-7 Caracterización de los sistemas acuíferos de aprovechamiento común valle de Choapa 88
Tabla 5.4-1 Uso del suelo cuenca río Choapa 92
Tabla 5.4-2 Estimación de superficies no regadas por sequía, año 2012 93
Tabla 5.4-3 Capacidad de uso de suelos, categoría riego (ha, provincia de Choapa) 94
Tabla 5.4-4 Capacidad de uso de suelos, categoría secano (ha, provincia de Choapa) 94
Tabla 5.5-1 Parámetros, puntos y frecuencias de muestreo de calidad, río Choapa . 96
Tabla 5.5-2 Resultados de no cumplimiento del DS 90 por parte de PTAS Choapa ... 99
Tabla 5.6-1 Comparación de índices bióticos de abundancia y riqueza 103
Tabla 5.6-2 Estación calidad del aire Cuncumén 105
Tabla 5.7-1 Red de canales Junta de Vigilancia Río Choapa 116
Tabla 5.7-2 Red de canales Junta de Vigilancia Río Chalinga 118
Tabla 5.7-3 Red de canales Junta de Vigilancia Río Illapel 120
Tabla 5.7-4 Red de estaciones meteorológicas DGA 122
Tabla 5.7-5 Red de estaciones fluviométricas DGA 123
Tabla 5.7-6 Red de estaciones de monitoreo de sedimentos DGA 124
Tabla 5.7-7 Red de Monitoreo de Pozos DGA 124
Tabla 5.7-8 Red de Estaciones de Calidad de Aguas DGA 125
Tabla 5.7-9 Información oficial de monitoreo de la DGA 126
Tabla 5.9-1 Captaciones destinadas a Agua Potable Urbana 137
Tabla 5.9-2 Derechos de comités de APR (cuenca de Choapa) 140
Tabla 5.9-3 Inversiones estructurales en agua potable urbana (UF sin IVA) 141
Tabla 5.9-4 Comités y cooperativas en áreas declaradas agotadas o restringidas .. 143
Tabla 5.10-1 Superposiciones y Duplicidades Funciones Gestión de Aguas 148
Tabla 5.10-2 Mecanismos de coordinación existentes entre ministerios 150
Tabla 5.10-3 Mecanismos existentes de coordinación vertical 151
Tabla 5.10-4 Síntesis problemas coordinación horizontal 152
Tabla 5.11-1 Ventajas y desventajas de las gobernanzas diagnosticadas 167
Tabla 5.11-2 Condiciones legales para el autogobierno 169
Tabla 5.13-1 Planes y programas relacionados con los recursos hídricos 182
Tabla 6.1-1 Respuestas de los partícipes 188
Tabla 6.2-1 Diagnóstico de partícipes Taller 2 191
Tabla 7.2-1 Listado final de actores cuenca Choapa, por tipo 205
Tabla 7.2-2 Matriz de relación Poder/Interés de actores cuenca de Choapa 209
Tabla 7.2-3 Simbología mapa de actores 210
Tabla 7.5-1 Costos de inversión o instalación en pesos Diciembre 2017 226

Tabla 7.5-2 Costos de operación en pesos Diciembre 2017 227
Tabla 7.7-1 Modificaciones legales de propuestas anteriores 230
Tabla 8.1-1 Imagen objetivo subterritorio Choapa Medio Alto 240
Tabla 8.1-2 Imagen objetivo subterritorio Choapa Bajo 241
Tabla 8.1-3 Imagen objetivo subterritorio Choapa Bajo 241
Tabla 8.1-4 Imagen objetivo subterritorio Pupío 241
Tabla 8.1-5 Imagen objetivo subterritorio Pupío 242
Tabla 8.5-1 Resultados esperados priorizados 248
Tabla 8.8-1 Plan GIRH y sus costos 254
Tabla 8.10-1 Tipos de indicadores 266
Tabla 9.1-1 Cuencas aportantes 273
Tabla 9.1-2 Zonas de riego 274
Tabla 9.1-3 Canales 274
Tabla 9.1-4 Acuíferos 276
Tabla 9.2-1 Estaciones meteorológicas actualizadas hasta marzo de 2016 279
Tabla 9.2-2 Estaciones fluviométricas actualizadas hasta marzo de 2016 y número de meses con datos para cada año 280
Tabla 9.2-3 Desmarques históricos Junta de Vigilancia Choapa período 2012-2017 280
Tabla 9.4-1 Supuestos para construcción del escenario Futuro Base 302
Tabla 9.4-2 Modelos GCM seleccionados para el análisis y su tamaño de grilla en grados 306
Tabla 9.4-3 Aportes de caudal a nivel de subcuencas (m3/s) 321
Tabla 9.4-4 Resultados para el conjunto de canales de la cuenca del Choapa 324
Tabla 9.4-5 Resultados para el total de zonas de riego de la cuenca del Choapa ... 325
Tabla 9.4-6 Resultados para el total de acuíferos de la cuenca del Choapa 326
Tabla 9.4-7 Extracciones de aguas subterráneas por usos y por escenarios (m3/s) 328
Tabla 9.4-8 Interacción superficial-subterránea (m3/s) 329
Tabla 9.4-9 Caudales promedio captados por uso en los escenarios simulados (m3/s) 342
Tabla 9.4-10 Porcentajes por uso respecto del caudal captado (m3/s) 342
Tabla 9.4-11 Porcentajes por uso respecto del caudal consumido (caudal en m3/s) 342
Tabla 9.4-12 Relación de usos en momentos extremos (caudales en m3/s) 344
Tabla 9.4-13 Caudales extraídos y devueltos del uso de agua potable (l/s) 350
Tabla 9.4-14 Captación y devolución de caudal desde canales (m3/s) 351
Tabla 9.4-15 Captación y devolución de caudal desde canales (m3/s) 352
Tabla 9.4-16 Agua evapotranspirada y agua devuelta por la agricultura (m3/s) 352
Tabla 9.4-17 Comparación del efecto de los diferentes escenarios sobre los acuíferos 354
Tabla 9.4-18 Comparación del efecto de los diferentes escenarios sobre la seguridad de riego 356
Tabla 10.3-1 Resumen escenario FuturoBase 362
Tabla 10.3-2 Resumen escenario con Embalse_cabecera 364
Tabla 10.3-3 Comparación escenarios Embalse_cabecera / FuturoBase 365
Tabla 10.4-1 Ingresos agrícolas escenario Futuro Base 367
Tabla 10.4-2 Costos de bombeo en escenario Futuro Base 368
Tabla 10.4-3 Flujos de ingresos y egresos escenario Futuro Base 369
Tabla 10.4-4 Ingresos agrícolas escenario Embalse Cabecera 370
Tabla 10.4-5 Costos de bombeo escenario Embalse Cabecera 371
Tabla 10.4-6 Flujos de ingresos y egresos escenario Embalse Cabecera 372
Tabla 10.4-7 Comparación de la situación sin y con proyecto Embalse de Cabecera 373
Tabla 11.1-1 Ingresos anuales obtenidos por escenario cuenca Choapa 378

Tabla 11.2-1 Costos de inversión y de Operación / Mantenimiento 379
Tabla 11.3-1 Resultado de la evaluación económica por escenario (millones de pesos Nov 2017) 380
Tabla 11.4-1 Factor multiplicador de ingresos para lograr rentabilidad 10% 381
Tabla 13.4-1 Formato de creación de tabla y filtro para generar gráficos 414

Nota: Todas las tablas sin indicación de fuente al pie, son de elaboración propia del consultor.

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

ADB	Banco Asiático de Desarrollo
APR	Agua Potable Rural
APU	Agua Potable Urbana
Ag	Plata
Al	Aluminio
ANDESS	Asociación Nacional de Empresas de Servicios Sanitarios S.A.
APR	Agua Potable Rural
As	Arsénico
ASCAN	Asociaciones de Canalistas
B	Boro
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BM	Banco Mundial
BNA	Banco Nacional de Aguas
Ca	Calcio
CA	Código de Aguas
CAC	Corporación administradora de cuencas
CAF	Banco de Desarrollo de América Latina
CAZALAC	Centro Regional del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe
CBR	Conservador de Bienes Raíces
CCC	Corporación de Cuenca del Choapa
CE	Conductividad Eléctrica
CEAZA	Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas
Cd	Cadmio
CF	Coliformes fecales
CGR	Contraloría General de la República
CIDERE	Corporación Industrial para el Desarrollo Regional
Cl^-	Cloruro
ChoC	Choapa en Cuncumén
ChaLP	Chalinga en La Palmilla
CMS	Consejo de Ministros para la Sustentablidad
CMIP5	Coupled Model Intercomparison Project phase 5
CNE	Comisión Nacional de Energía
CNR	Comisión Nacional de Riego
CO_3^{-2}	Carbonato
Co	Cobalto
CO_2	Dióxido de carbono
COCHILCO	Comisión Chilena del Cobre
COD	Comunidades de Obras de Drenaje
COMAG	Comunidades de Agua
CONADI	Corporación Nacional de Desarrollo Indígena
CONAF	Corporación Nacional Forestal
CORE	Consejo Regional
CORFO	Corporación de Fomento de la Producción
CORMINCO	Consejo Regional Minero de Coquimbo A.G.
COSOC	Consejos Comunales de Organizaciones de la Sociedad Civil
COE	Comité de Emergencia nivel regional
CPA	Catastro Público de Aguas
Cu	Cobre

Cr	Cromo
CRDP	Corporación Regional de Desarrollo Productivo
CRH	Consejos de recursos hídricos
CT	Coliformes Totales
DAA	Derechos de Aprovechamiento de Aguas
DDU	División de Desarrollo Urbano
DGA	Dirección General de Aguas
DGAC	Dirección General de Aeronáutica Civil
DIA	Declaración de Impacto Ambiental
DIPLAN	Dirección de Planificación
DIPROREN	División de Protección de los Recursos Naturales Renovables
DIRECTEMAR	Dirección Nacional de Territorio Marítimo y Marina Mercante
DIRPLAN	Dirección de Planeamiento
DMC	Dirección Meteorológica de Chile
DOH	Dirección de Obras Hidráulicas
DQO	Demanda Química de Oxígeno
DBO_5	Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días
EAP	Empresa de Agua Potable
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
EPIC	Erosion Productivity Impact Calculator
Fe	Hierro
FPA	Fondo de Protección Ambiental
GCM	Modelos de Circulación General
GdC	Gobierno de Chile
GIRH	Gestión Integrada de Recurso Hídrico
GORE	Gobierno Regional
GRH	Gestión de Recusrsos Hídricos
GWP	Global Water Partnership. Asociación Mundial del Agua.
HCO_3^-	Bicarbonato
Hg	Mercurio
IAI	Inter-American Institute for Global Change Research
IICH	Instituto de Ingenieros de Chile
INDAP	Instituto de Desarrollo Agropecuario
INE	Instituto Nacional de Estadísticas
INH	Instituto Nacional de Hidráulica
INIA	Instituto de Investigaciones Agropecuarias
ISP	Instituto de Salud Pública
IWMI	International Water Management Institute
JV	Junta de Vigilancia
JVRCH	Junta de Vigilancia del Río Choapa
K	Potasio
Li	Litio
LJ	Last Year (visualizador web)
MAC	Mapeo de Actores Claves
MBNS	Ministerio de Bienes Nacionales
MDS	Ministerio de Desarrollo Social
Mg	Magnesio
MLP	Minera Los Pelambres
MINAGRI	Ministerio de Agricultura
MINE, ME	Ministerio de Energía
MINECON	Ministerio de Economía

MININT	Ministerio del Interior
MINSAL	Ministerio de Salud
MINVU	Ministerio de Vivienda y Urbanismo
MM	Ministerio de Minería
MMA, MINMA	Ministerio de Medio Ambiente
MINDEF	Ministerio de Defensa
Mn	Manganeso
Mo	Molibdeno
MOP	Ministerio de Obras Públicas
MPL	Modelo Pluvial de Generación Sintética de Caudales
MRA	Mesa Regional del Agua de Coquimbo
MUCECH	Movimiento Unitario Campesino y Etnias de Chile
Na	Sodio
NCh	Norma Chilena
Ni	Níquel
NO_2^-	Nitrito
NO_3^-	Nitrato
OD	Oxígeno Disuelto
OCDE	Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico
ONEMI	Oficina Nacional de Emergencias del Ministerio del Interior
ONG	Organización No Gubernamental
OUA	Organización de Usuarios del Agua
Pb	Plomo
PDT	Programa de Difusión Tecnológica en uso eficiente de los recursos hídricos y la optimización de las inversiones público-privadas en obras de riego extra e intra predial en el área de influencia de la Junta de Vigilancia del Río Choapa y sus Afluentes, 2017
PGB	Producto geográfico bruto
PGR	Plan de gestión de riego, CNR
PGIRH	Plan de Gestión Integrada de Recurso Hídrico
pH	Potencial de Hidrógeno
PJ	Poder Judicial
PNU	Patente por no uso
PO_4^{-3}	Fosfato
PRIGRH	Plan regional de infraestreuctura y gestión del recursos Hídrico, MOP
PROMMRA	Laboratorio de Prospección, Monitoreo y Modelación de Recursos Agrícolas y Ambientales, unidad dependiente del Departamento de Agronomía de la Facultad de Ciencias de la Universidad de La Serena
PSE	Presupuesto Secretaría Ejecutiva
PTAS	Planta de Tratamiento de Aguas Servidas
Q	Caudal
QUAL2K	Modelo de calidad de aguas
RAS	Razón de Adsorción de Sodio
RCA	Resolución de Calificación Ambiental
RIL	Residuo Industrial Líquido
RRHH	Recursos hídricos
SAG	Servicio Agrícola y Ganadero
SAI	Programa de Seguimiento Ambiental Integral
SANAG	Sociedad Agrícola del Norte A G
Se	Selenio
SE	Secretaría Ejecutiva para la GIRH

SERCOTEC	Servicio de Cooperación Técnica
SEREMI	Secretaría Regional Ministerial
SERNAGEOMIN	Servicio Nacional de Geología y Minería
SERNATUR	Servicio Nacional de Turismo
SDT	Sólidos Disueltos Totales
SE	Secretaría Ejecutiva
SEA	Servicio de Evaluación Ambiental
SEIA	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
SINIA	Sistema Nacional de Información Ambiental
SNAP	Sistema Nacional de Áreas Protegidas
SEI	Stockholm Institute of Environment
SERVIU	Servicios de Vivienda y Urbanización
SIMA	Superintendencia del Medio Ambiente
SISS	Super Intendencia de Servicios Sanitarios
SMA	Superintendencia del Medio Ambiente
SST	Sólidos Suspendidos Totales
SO_4^{-2}	Sulfato
SWAT	Soil and Water Assessment Tool
T	Temperatura
TA	Tribunales ambientales
TDLC	Tribunal de Defensa de la Libre Competencia
UC	Universidad Católica
ULS	Universidad de La Serena
US	United States
WEAP	Water Evaluation And Planning Program
YTD	Year to date (visualizador web)
Zn	Zinc
ZR	Zona de Riego

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.1 ANTECEDENTES GENERALES

La presente consultoría fue licitada por la Dirección General de Aguas, en www.mercadopublico.cl, con el código 1019-82-LQ16, el día 6 de Septiembre de 2016, y adjudicada el día 3 de Noviembre del mismo año.

El estudio se contrató de acuerdo con la ley Nº 19886 de Bases sobre Contratos Administrativos de Suministros y de Prestación de Servicios, y su Reglamento, y forman parte del contrato además todos los documentos que configuran la historia de la licitación en el portal www.mercadopublico.cl. La duración es de 12 meses, y el presupuesto adjudicado es de 214 millones de pesos chilenos, impuestos incluidos.

La motivación del estudio se encuentra en la necesidad de prever los efectos de un uso creciente del agua, asociado al crecimiento poblacional y desarrollo económico. La escasez de agua propia de las zonas áridas y semiáridas, sumada a algunos efectos incipientes del tan anunciado cambio climático, como largas sequías y adelantamiento del derretimiento, y el deterioro paulatino del medio ambiente, hacen comprender que el recurso hídrico es un elemento vital, finito y vulnerable. De esta forma ha sido reconocido ya, formalmente, en las diferentes instancias globales y nacionales alrededor del mundo. Al asumir que el recurso hídrico tiene estas condiciones, es necesario estar muy pendientes de su gestión, de modo de poder contar con su presencia, porque es vital, en todo momento, incluso en las más severas sequías. Contar con el recurso hídrico significa tenerlo a disposición en cantidad, calidad y oportunidad, para todos los usos que permiten la mantención de la especie humana sobre la tierra, que son, la bebida, la producción de alimentos y bienes, y la preservación del medio ambiente.

Lo señalado muestra la importancia que adquiere una buena gestión del recurso hídrico, gestión en la cual estén considerados, coordinados y adecuadamente equilibrados, todos los usos del agua y recursos relacionados. Es lo que se logra mediante un Plan de Gestión Integrada de Recursos Hídricos, en adelante PGIRH.

La gestión integrada de recursos hídricos (GIRH) se plantea oficialmente (GWP) como un proceso que se define como la coordinación en el manejo y el desarrollo del agua, con objetivos destinados a aumentar el bienestar económico y social, sin afectar los ecosistemas vitales. Si bien esta definición de la GWP ha sido adoptada como tal en casi todo el mundo, dado que es de pleno sentido común, no aclara, sin embargo, los elementos esenciales del proceso, ni las configuraciones institucionales requeridas para implementarlo, ni quién debe ser involucrado, ni qué proceso de toma de decisiones debiera estar disponible para su implementación.

La gracia de una buena GIRH es, por lo tanto, entender qué falta en la situación actual para llegar a la meta buscada, que es la seguridad hídrica y la paz social, y enfocar todos los esfuerzos, tanto económicos, como financieros, organizacionales y legales, en el sentido de irse acercando a dicha meta a partir de la resolución de los problemas concretos observados hoy, en un proceso consensuado y periódicamente revisado. Si el proceso se enmarca sólo en un concepto y no aporta soluciones concretas a los problemas actuales reales, sentidos por los partícipes, se mantiene ajeno a la realidad

y estará destinado al fracaso (Giordano, M. and T. Shah, 2014). Es lo que ha ocurrido con diversos esfuerzos de desarrollo de estrategias, planes y programas, que no han representado el sentir de los usuarios en relación con sus verdaderos problemas, y no han prosperado.

Al respecto, es notable constatar que en tiempos de verdadera escasez, donde la interacción se hace totalmente necesaria, han operado con buen resultado, instituciones de carácter no vinculante ni normativo, aportando bienestar, soluciones y miradas comunes, a todos sus integrantes. Lo señalado muestra, una vez más, que lo más importante para que funcione algo, es la voluntad de hacerlo funcionar. La voluntad, cuando existe, supera normas, leyes, barreras, fronteras.

Como se ha visto, uno de los detonantes de la voluntad es la necesidad. Si los usuarios no ven una necesidad, es difícil que tengan una voluntad para hacer el esfuerzo de reunirse y lograr algo en común. La necesidad ya ha sido parte de la historia de la cuenca del Choapa, con una sequía de unos 8 años, no sólo larga sino que también profunda, que ha obligado a los usuarios tanto a optimizar el uso del recurso, como a buscar instancias de comunicación y consenso.

Si bien es cierto que en el invierno de 2017 los reservorios de la cuenca llegaron casi al estado de lleno total (El Bato 94%, Corrales 98%, según informe de juntas de Vigilancia y DOH Mayo 2017), y con ello volvió cierta tranquilidad a la cuenca respecto de la situación hídrica, el hecho de planificarse para enfrentar de mejor forma los eventos futuros como el reciente puede ser un gran incentivo a mantener activas las instancias de comunicación. Necesariamente resulta atractivo el hecho de consensuar una visión común del territorio, para cooperar cada uno con su visión particular, a enfocar los esfuerzos públicos y privados en pos de tal visión común, en especial habiendo conocido ya la escasez y los conflictos reales o potenciales asociados a ella.

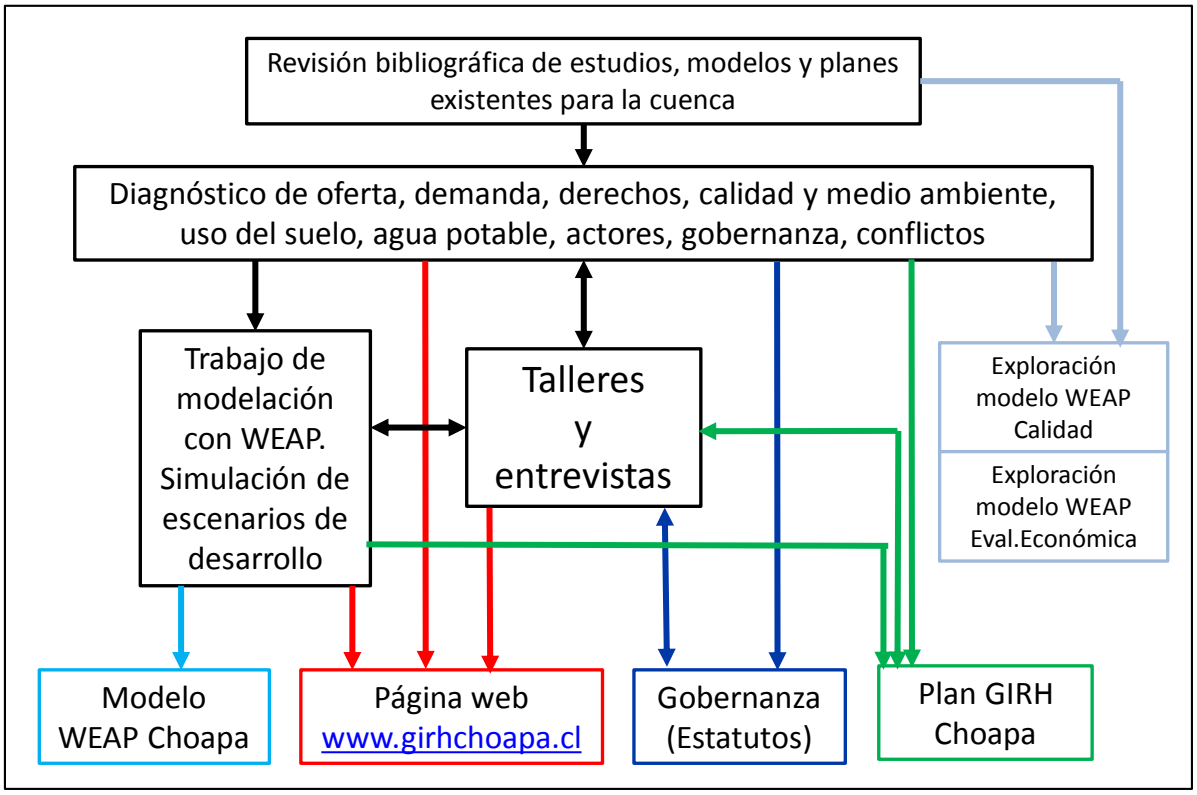
En ese sentido, el presente estudio busca levantar un Plan y una Gobernanza, consensuados, para la mejor gestión de los recursos hídricos en la cuenca del Choapa, que permitan enfocar las políticas a nivel de cuenca. Paralelamente, se busca potenciar las capacidades técnicas para abordar los desafíos que esta visión impone.

1.2 ALCANCE

El Plan que se desarrolla en el presente estudio, considera como elementos base y está vinculado con los Planes existentes de recursos hídricos, como son: el Plan Regional de Recursos hídricos, el Plan Regional de Riego, la Estrategia Regional de Desarrollo, la Política Nacional de Recursos Hídricos, eje 1 (el Estado como agente responsable y participativo) y eje 4 (fortalecimiento en la participación de las organizaciones sociales), el Plan de Gestión de Riego de la cuenca del Choapa y el Plan de Adaptación al Cambio Climático en Biodiversidad. Además, se mantiene coherente con ellos, en cuanto a la definición de objetivos, catastro de iniciativas, planes de acción, y otros aspectos relevantes que se han ido desprendiendo del estudio.

En la siguiente Figura 1.2-1 se muestra en un diagrama simplificado, la lógica completa del desarrollo del presente estudio.

Figura 1.2-1 Diagrama del estudio



1.3 OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del presente estudio es el de fomentar la gestión integrada de los recursos hídricos en la cuenca del Choapa, a partir del ámbito de acción de una estructura de gobernanza especialmente diseñada para ello, que administre un Plan GIRH dinámico, compuesto de medidas enfocadas al logro de la seguridad hídrica, y medios de difusión para mantener a la ciudadanía contactada y conectada con este Plan.

En este contexto, la DGA ha seleccionado la cuenca del Choapa para la implementación de un plan GIRH, debido a que esta cuenca se encuentra en una zona semiárida del país, recientemente muy afectada por la sequía, donde el estudio "Diagnóstico Plan Maestro para la gestión de los recursos hídricos, Región de Coquimbo, 2013" mostró la necesidad de revisar las funciones de las diversas entidades ligadas al agua, fortalecer a la DGA, fortalecer a las organizaciones de usuarios para una adecuada distribución del recurso y coordinación de usuarios, mejorar la coordinación intra e intersectorial, plantear mecanismos para la integración de la gestión del agua a nivel de cuencas, fomentar la participación de los grupos de interés y mejorar la resolución de conflictos.

Las motivaciones que están presentes al plantearse la necesidad de la gestión integrada de los recursos hídricos, tienen sus raíces tanto en la naturaleza misma de las aguas, como en la evolución experimentada por las sociedades modernas.

Por un lado, está el agua, incidiendo en casi todos los procesos naturales de evolución del territorio y de los ecosistemas. Por otro lado, están las sociedades humanas inmersas en tales sistemas naturales. Inicialmente, resuelven los problemas asociados al agua en forma fragmentaria, ya que van dando soluciones a los desafíos inmediatos que se van presentando en sus diferentes etapas de desarrollo, sin que haya efectos perjudiciales sobre la integridad de las cuencas. Sin embargo, a medida que estas sociedades crecen, también crece la intervención sobre el medio ambiente natural, crece la explotación de los recursos naturales, entre ellos el recurso hídrico, mientras que al mismo tiempo no crece la visión de las entidades que gestionan el recurso, que siguen siendo entidades independientes de visión parcial y sectorial, usualmente incapaces de entender ni de abordar los procesos hidrológicos en su integridad.

El desafío consiste, por lo tanto, en lograr el paso de una visión sectorial hacia una visión integral en el manejo del agua, sin perder de vista la necesidad que tienen las sociedades, de desarrollarse.

Este proceso ha de ser, además, inclusivo, y delegar las decisiones hacia los niveles más bajos posibles.

El Plan GIRH que se desarrolla para el Choapa, tiene en cuenta todos los demás instrumentos que se han desarrollado para la planificación de los recursos hídricos, a nivel nacional y regional, como también considera y evalúa la actual gobernanza del agua, para mejorarla y complementarla en el sentido de la GIRH, que es el de lograr la seguridad hídrica.

Hay diversos estudios que definen la seguridad hídrica. En su forma más amplia, se definió la seguridad hídrica, como el logro de contar con el agua en cantidad y calidad aceptable para la salud, la producción y el ecosistema, asumiendo riesgos aceptables para las personas, la economía y el medio ambiente (Grey, D. and C. W. Sadoff, 2007).

En el "Estudio de seguridad hídrica en Chile en un contexto de cambio climático para elaboración del plan de adaptación de los recursos hídricos al cambio climático", desarrollado por el LAT de la Universidad de Chile (2015), después del análisis de varias definiciones anteriores, se propuso una definición similar, que es el "acceso al agua en un nivel de cantidad y calidad adecuada, definida por cada cuenca, para su sustento y aprovechamiento en el tiempo, tanto para la salud, subsistencia, desarrollo socio-económico y la conservación de los ecosistemas, manteniendo una alta resiliencia frente a amenazas asociadas a sequías, crecidas y contaminación".

Por lo tanto, bajo seguridad hídrica se puede entender todas aquéllas medidas destinadas a potenciar los efectos benéficos del agua (salud, producción, crecimiento y cooperación) y a minimizar los efectos dañinos (destrucción, pobreza, disputa). (Grey, D. and C. W. Sadoff, 2007). A partir de esta definición, se observa que el conepto de seguridad hídrica incluye el de paz social.

Por paz social, a su vez, se entiende el estado de ánimo de una población que tiene vías de participación, instancias de inclusión, donde la información se maneja con transparencia, las medidas son conocidas de todos y deliberadas por todos, y nace la condianza.

Logrando seguridad hídrica, el territorio puede apropiarse y beneficiarse de su hidrología, y paulatinamente dejar de ser una víctima de ella. De acuerdo con estos mismos autores, según se ha podido apreciar en los países más desarrollados, el logro de la seguridad hídrica requiere capacidad de inversión, capacidad técnica y capacidad de acuerdo. Todos ellos son aspectos que una GIRH debe potenciar.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

La Dirección General de Aguas ha manifestado como objetivos específicos los siguientes:

a) Propender al acuerdo de los intereses ambientales, económicos y sociales, con el fin de orientar y coordinar las múltiples intervenciones que se hacen en la cuenca en relación con los recursos hídricos.
b) Generar una herramienta flexible de análisis y planificación, que permita evaluar situaciones y escenarios de manejo del recurso hídrico.
c) Desarrollar un modelo hidrológico integrado, la generación de escenarios de gestión del agua en la cuenca, en base a la revisión de los modelos ya realizados en la cuenca del Choapa, teniendo en consideración el cambio climático.
d) Definir temas importantes a nivel de cuenca, en la gestión de recurso hídricos, proponiendo una visión de mediano y largo plazo, teniendo en cuenta los posibles impactos por cambio climático.
e) Proponer un esquema de base para la gobernabilidad del agua, orientado a integrar en un organismo de usuarios de cuenca las instituciones de sociedad civil, gobierno regional y gobierno central, de manera de lograr equidad en la toma de decisiones.
f) Establecer los principios para la coordinación de organismos públicos y privados relacionados con el agua, desarrollando sinergias, reduciendo redundancias en funciones y conflictos, a través de la definición de los principios, criterios y procedimientos para la participación de los interesados en la gestión de recursos hídricos.
g) Informar al público en general sobre las acciones que se están llevando a cabo en el mediano y largo plazo, con el fin de orientar la toma de decisiones del sector privado.
h) Establecer un mecanismo para la difusión de la información a través de la elaboración de un visualizador web (página web) que contenga la información relacionada con los recursos hídricos de la cuenca del Choapa.

En pos de facilitar la comprensión y el logro de los objetivos de este estudio, los objetivos específicos se han reordenado en cuatro grandes líneas de trabajo, según se muestra a continuación.

A. La formación de la gobernanza

    1. Establecer los principios, criterios y procedimientos para configurar una gobernanza de la cuenca que represente a los usuarios organizados del agua y la sociedad civil en general, a las instituciones comunales y provinciales, al gobierno regional y al gobierno central, de modo de acordar colectivamente los proyectos futuros, crear sinergias, eliminar duplicidades, lograr coherencia y reducir conflictos.

2. Proponer una estructura base de formación de esta gobernanza, formarla, interactuar con ella y capacitar a sus miembros durante la consultoría, identificando las condiciones requeridas para su proyección y funcionamiento a futuro.

B. La elaboración de un Plan GIRH consensuado

3. Recoger todas las iniciativas de todos los sectores participantes, analizar su inclusión en los planes existentes, y definir en base a las iniciativas no cubiertas, un Plan de GIRH, que incluya acciones estructurales y no estructurales, de corto, mediano y largo plazo. Se espera que estas iniciativas consideren el cambio climático. El Plan debe ser dinámico, esto es, debe contener la forma de autorevisarse, de autoevaluarse y de adaptarse a nuevas condiciones, para cumplir con su objetivo de avanzar hacia la seguridad hídrica, la internalización de externalidades y el manejo de conflictos.
4. Efectuar la evaluación económica, social y ambiental de las acciones del Plan.
5. Someter el Plan a la aprobación de la gobernanza, de modo de lograr la coordinación y el acuerdo de los intereses ambientales, económicos y sociales a nivel de cuenca.

C. El desarrollo de una herramienta de simulación de escenarios

6. Desarrollar una herramienta de modelación integrada que permita analizar y evaluar los efectos de las acciones contenidas en el Plan, para orientar las decisiones e inversiones tanto públicas como privadas. La herramienta de modelación debe estar basada en los modelos existentes, ser flexible, integrada, y permitir evaluar diversos escenarios, entre ellos también los efectos del cambio climático.

D. La puesta a disposición del Plan a actores y al público

7. Informar a los actores y al público acerca de la gobernanza y el Plan, mediante seis talleres durante el estudio, y por medios digitales posteriormente (página web), para orientar las decisiones privadas y mantener coherencia en las decisiones públicas. Para ello, crear una plataforma digital (página web) accesible para todos, con toda la información relacionada con los recursos hídricos de la cuenca, especialmente del Plan, su estado y su evolución.

Por último, cabe destacar que para operativizar los objetivos específicos planteados, la Inspección Fiscal ha resaltado los siguientes objetivos a tener presentes como medulares del presente estudio:

1) Identificar las instancias actuales de gobernanza, evaluar su funcionamiento, y recoger la percepción que tienen de ellas los actores clave, y la percepción que tienen las autoridades del proyecto.
2) Decidir si la DGA va a potenciar las instancias actuales existentes (sería lo ideal), o si será necesario levantar otra instancia de gobernanza.

3) Hacer un mapeo de actores, de modo de tener un buen soporte para poder instalar las herramientas
4) Tener claridad acerca del mapa de conflictos, para dilucidar cómo se van a enfrentar, resolver, evitar en el futuro.
5) Identificar espacios de implementación de la gobernanza ojalá dentro de las actuales normativas. Esto es de gran interés de la DGA. También identificar brechas para una modificación legal o reglamentaria. Dictar resoluciones es fácil, decretos es más difícil, leyes son aún más difíciles de implementar. Actualmente el ejecutivo impulsa dos proyectos de ley que podrían ser aprobados, ninguno de los cuales considera la creación de una gobernanza, pero podrían afectar el proyecto. La reforma permitirá a la DGA tener más interacción con los usuarios.
6) Levantar una plataforma web.

2 RECOPILACIÓN DE ANTECEDENTES

2.1 SÍNTESIS DE LA INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA

La recopilación de antecedentes es una actividad mediante la cual se busca aprovechar al máximo la información previamente existente, de modo de que el presente estudio se proyecte más allá de lo ya explorado.

Sirve para reunir todos los antecedentes existentes en un mismo lugar, y permite así que se establezca un conocimiento base para la cuenca, que con el tiempo llegue a ser patrimonio de todos.

La revisión bibliográfica considera una completa recopilación de los antecedentes de la cuenca tales como informes, estudios, tesis, expedientes, estadísticas, datos puntuales, y se ha realizado durante todo el estudio, de modo que ir completando la lista de estudios atingentes.

De acuerdo con lo solicitado en las bases, para cada estudio revisado se generó una ficha. La ficha tiene la propiedad de informar a cualquier usuario del contenido completo del estudio, de modo que éste sea capaz de discernir si puede encontrar lo que busca, en el estudio. Una buena ficha es, por lo tanto, un excelente resumen del contenido completo del estudio.

Las fichas que se entregan, contienen los datos de autoría, año, ubicación y link, además de los objetivos, una breve reseña del contenido, y los resultados del estudio revisado. Las fichas están diseñadas de modo de configurar una base de datos en la plataforma digital.

Los estudios revisados, requeridos como mínimos, han dado lugar a fichas de una página para cada uno de ellos. Estos estudios se listan a continuación. Las fichas se entregan en el Anexo Capítulo 2.1. Estos estudios se incluyen también en el capítulo 14, Bibliografía citada, en orden alfabético.

- Diagnóstico Plan Maestro para la Gestión de Recursos Hídricos, Región de Coquimbo, CONIC-BF para Gobierno Regional de Coquimbo, 2013
- Estrategia regional de Recursos Hídricos por cuenca 2014-2030, CAZALAC para CRDP Coquimbo, 2014
- Actualización y complementación de información de organizaciones de usuarios, Aquaterra Ingenieros Ltda para DGA (Unidad de Fiscalización), 2009
- Análisis crítico de la red de calidad de aguas superficiales y subterráneas de la DGA, Infraestructura y Ecología S.A. para DGA (Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos), 2014
- Análisis uso actual y futuro de los recursos hídricos de Chile: informe final, IPLA para DGA (Departamento de Estudios y Planificación), 1996
- Estimaciones de demanda de agua y proyecciones futuras en zona I norte: regiones I a IV, Ayala y Cabrera y Asociados Ingenieros Consultores para DGA (Departamento de Estudios y Planificación), 2007

- Análisis vocación productiva regional para la gestión de los recursos hídricos IV región, Nicolás Cristián Jadue Majluf para DGA (Departamento de Estudios y Planificación), 2012
- Balance Hídrico de Chile, DGA, 1987
- Censo Población y Vivienda 2002 y 2012
- Determinación de caudales de reserva en las regiones VII y VIII, Aquaterra Igenieros Ltda para DGA (Departamento de Administración de Recursos Hídricos), 2013
- Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad, CADE-IDEPE para DGA (Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos), 2004
- Evaluación de los recursos hídricos subterráneos de la cuenca del Choapa: informe técnico Nº 248, DGA (Departamento de Administración de Recursos Hídricos), 2007
- Investigación de recarga artificial de acuíferos cuencas del río Choapa y Quilimarí, región de Coquimbo, MOP, 2012
- Levantamiento de información sobre derechos no inscritos susceptibles de regularizar: cuenca de los ríos Huasco, Elqui, Limarí y Choapa, AC Ingenieros Consultores para DGA (Departamento de Estudios y Planificación), 2006
- Listado de derechos de agua afectos a pago de patente, actualización y seguimiento, proceso de pago año 2014, CONIC-BF Ingenieros Civiles Consultores para DGA (Unidad de Fiscalización), 2013
- Mapa Hidrogeológico Nacional, DGA, 1991
- Mapa Hidroquímico Nacional, DGA, 1996
- Plan Infraestructura y gestión del Recurso Hídrico al 2021
- Pronóstico de disponibilidad de agua: temporada de riego 2013-2014, DGA (División de Hidrología), 2014
- Modelación hidrogeológica de acuíferos de la cuenca del río Choapa, Hidrogestión para CORFO, 2016

En forma adicional se revisaron los siguientes estudios, que se consideran antecedentes fundamentales para el presente estudio, y cuyas fichas se entregan en el mismo Anexo Capítulo 2.1. Estas referencias se incluyen también en el capítulo 14, Bibliografía citada, en orden alfabético.

- GORE - CAZALAC/RODHOS, 2006. Aplicación de metodologías para determinar la eficiencia de uso del agua. Estudio de caso Región de Coquimbo, para Gobierno Regional de Coquimbo.
- CRDP − RODHOS, 2014. Estudio de modelos de gestión de recursos hídricos superficiales y subterráneos, para las cuencas de las provincias de Elqui, Limarí y Choapa.
- CRDP − ULS, 2016. Análisis modelación embalses de precordillera.
- AMSA − Centro de Cambio Global UC, 2012. Análisis de la vulnerabilidad futura de la Cuenca del río Choapa y estero Pupío.
- Ballestero, M., Brown, E., Jouravlev, A., Küffner, U., y Zegarra, E. 2005. *América Latina: situación actual y perspectivas*. CEPAL, Naciones Unidas: 13-32..
- Biswas, A. K. 2008. Integrated Water Resources Management: Is it working?. *International Journal of Water Resources Development,* 24(1): 5-22.
- Biswas, A. K. 2004. Integrated Water Resources Management: A Reassessment. *Water International*, 29(2), 248-256. doi: 10.1080/02508060408691775

- Biswas, A. 2001. Water policies in the developing world. *International Journal of Water Resources Development,* 17 (4): 489-499.
- Doukkali, M. 2005. Water institutional reforms in Morocco. *Water Policy,* 7 (1): 71-88.
- Giordano, M., & Shah, T. 2014. From IWRM back to integrated water resources management. *International Journal of Water Resources Development*, 1-13. doi: 10.1080/07900627.2013.851521
- Grigg, N. S. 1996. *Water resources management*, Wiley Online Library.
- Guzmán-Arias, I., & Calvo-Alvarado, J. 2012. Planificación del recurso hídrico en América Latina y el Caribe. *Tecnología en Marcha*, 26(1), 3-18.
- GWP, Global Water Partnership. 2012. Gobernanza del Agua. IWRM Toolbox. http://www.gwp.org/es/TOOLBOX/TEMAS-TRANSVERSALES/Agua-y-Gobernanza/ (Accedido el 20 de octubre de 2016).
- GWP, Global Water Partnership. 2009. Australia: The Murray-Darling Basin Commission. Case Study 25. http://www.gwp.org/en/ToolBox/CASE-STUDIES/Australia/Australia-The-Murray-Darling-Basin-Commission-25/ (Accedido el 10 de noviembre de 2016).
- Jeffrey, P., & Gearey, M. 2006. Integrated water resources management: lost on the road from ambition to realisation? *Water Science & Technology,* 53(1), 1. doi: 10.2166/wst.2006.001.
- Jianping, W., & Haizhou, M. 2014. The effectiveness of small-to-medium river basin organizations in China: a case study of the Erhai Lake Basin Management Commission. *International Journal of Water Resources Developmen*t, 1-15. doi: 10.1080/07900627.2014.935979.
- Klijn, E.-H. & Koppenjan, J. F. 2000. Public management and policy networks: foundations of a network approach to governance. *Public Management an International Journal of Research and Theory*, 2, 135-158.
- Mehta, L., Alba, R., Bolding, A., Denby, K., Derman, B., Hove, T., . . . Koppen, B. V. 2014. The politics of IWRM in Southern Africa. *International Journal of Water Resources Development*, 1-15. doi: 10.1080/07900627.2014.916200.
- Mitchell, B., Bellette, K., & Richardson, S. 2014. Integrated' approaches to water and natural resources management in South Australia. *International Journal of Water Resources Development*, 1-14. doi: 10.1080/07900627.2014.979399
- Mitchell, B., Priddle, C., Shrubsole, D., Veale, B., & Walters, D. 2014. Integrated water resource management: lessons from conservation authorities in Ontario, Canada. *International Journal of Water Resources Development*, 30(3), 460-474. doi: 10.1080/07900627.2013.876328
- OECD. 2012. *Gobernabilidad del Agua en América Latina y el Caribe: Un enfoque multinivel*, OECD Studies on Water, OECD Publishing. http://dx.doi.org/10.1787/9789264079779-es.
- OECD. 2011. *Water Governance in OECD Countries: A Multi-level Approach*, OECD Studies on Water, OECD Publishing.
- Ostrom, E. 1998. The institutional analysis and development approach. *Designing institutions for environmental and resource management*, 68-90.
- Peña, H., Brown, E., Ahumada, G., Berroeta, C., Carvallo, J., Contreras, M., …, et al. 2011. *Temas Prioritarios para una Política Nacional de Recursos Hídricos.* Instituto de Ingenieros de Chile, Comisión de Aguas.
- Peña, H. & Solanes, M. 2003. La gobernabilidad efectiva del agua en las Américas: un tema crítico. GWP Secretariat.
- Peña, H. 2000. Desafíos a las Organizaciones de Usuarios en el Siglo XXI. III Jornadas de Derecho de Aguas.

- Perevochtchikova, M., & Arellano-Monterrosas, J. L. 2008. Gestión de cuencas hidrográficas experiencias y desafíos en México y Rusia. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 4(3), 313-325.
- Pochat, V. 2008. Principios de gestión integrada de los recursos hídricos: Bases para el desarrollo de planes nacionales. Global Water Partnership, Central-América.
- Rogers, P. & Hall, A. W. 2003. *Effective water governance*, Global water partnership. https://dlc.dlib.indiana.edu/dlc/bitstream/handle/10535/4995/TEC+7.pdf?sequence=1.
- Rouillard, J. J., Benson, D., & Gain, A. K. 2014. Evaluating IWRM implementation success: are water policies in Bangladesh enhancing adaptive capacity to climate change impacts? *International Journal of Water Resources Development,* 1-13. doi: 10.1080/07900627.2014.910756
- Saleth, R. y Dinar, A. 2005 Institutional reforms. Theory and practice. *Water Policy*, 7 (1): 1-19.
- Samad, M. 2005. Water institutional reforms in Sri Lanka. *Water Policy*, 7 (1): 125-140.
- Shah, T., & Koppen, B. V. 2006. Is India Ripe for Integrated Water Resources Management? Fitting Water Policy to National Development Context. *Economic and Political Weekly*, 41(31), 3413-3421. doi: 10.2307/4418534
- Solanes, M. y González-Villarreal, F. 2001 Los principios de Dublín reflejados en una evaluación comparativa de ordenamientos institucionales y legales para una gestión integrada de agua. TAC Background papers 3: 32, Global Water Partnership.
- Suhardiman, D., Clement, F., & Bharati, L. 2015. Integrated water resources management in Nepal: key stakeholders' perceptions and lessons learned. *International Journal of Water Resources Development*, 1-17. doi: 10.1080/07900627.2015.1020999
- Banco Mundial. 2013. *Estudio para el mejoramiento del marco institucional para la gestión del agua.* Banco Mundial, Unidad de Ambiente y Aguas, Departamento de Desarrollo Sostenible, Región para América Latina y el Caribe, 28 de Junio de 2013, para Gobierno de Chile
- Apoyo técnico para la Mesa Regional del Agua en la Región de Coquimbo y desarrollo de estrategias regionales del recurso hídrico. Convenio DGA-CAZALAC. Abril - Diciembre 2008.
- García, R. 2014. Democracia y participación en los gobiernos locales: su importancia para la gestión pública y gobernanza locales en México. Revista Mexicana de análisis Político y Administración Pública. Volumen III, número 1: 91-120.
- Piñeiro, D. 2004. Movimientos sociales, Gobernanza Ambiental y Desarrollo Territorial Rural. 47 pp. Disponible en WWW: http://www.fiaes.org.sv/library/gobernanza.pdf, citado 15 de septiembre de 2016.
- Bakker, K. y C. Morinville. 2013. The governance dimensions of water security: a review. Philosophical Transactions of the Royal Society A 371: 20130116.
- Cook, C., Bakker, K. 2012. Water security: debating an emerging paradigm. Global Environmental Change 22: 94-102.
- Delgado, L., P. Bachmann y B. Oñate. 2007. Gobernanza ambiental: una estrategia orientada al desarrollo sustentable local a través de la participación ciudadana. Revista Ambiente y Desarrollo 23 (3): 68- 73.

- Agarwal, Chetan, et al. A review and assessment of land-use change models: dynamics of space, time, and human choice. 2002.
- Gray, D y Sadoff, C., Water policy 9, 2007. Sink or swim? Water secutiry for growth and development.

La base de datos de las fichas se subió a la plataforma web, en conjunto con toda la bibliografía de que se dispone en forma digital, de modo que se cumpla el antiguo anhelo de la primera Mesa del Agua de la región de Coquimbo, formada el año 2008, de tener a la vista y disponible para revisión y consulta, todo el acervo de estudios existentes para la cuenca, que es cuantioso y muy contundente en cuanto a la utilidad de su información, tanto para la cuenca como para la región y el país.

La bibliografía consultada constituye la base sobre la cual se efectúa el diagnóstico, según las especificaciones del punto 4.1.3 de la Bases Técnicas.

2.2 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN SOBRE MODELOS HIDROLÓGICOS INTEGRADOS DE LA CUENCA

La modelación de una cuenca es una muy buena instancia de recopilación de antecedentes, actualizados además, ya que los modelos integrados, como MAGIC o WEAP, por ejemplo, acopian dentro de su propia base de datos una gran cantidad de información, que abarca los siguientes aspectos:

- Hidrología u oferta hidrológica
- Demanda de todos los usos económicos (riego, agua potable, industria, minería)
- Demanda ecológica cuantitativamente relevante (por ejemplo de la vegetación ripariana)
- Derechos de agua superficial y subterránea
- Gestión para la distribución (reglas de operación, desmarques)
- Políticas de uso o prioridades de uso entre aguas superficiales y subterráneas
- Obras de infraestructura, sus características y sus reglas de operación
- Mediciones en estaciones de monitoreo para calibración

En vista de ello, y de acuerdo con lo solicitado en las Bases Técnicas, se ha redactado una ficha para cada uno de los modelos desarrollados para la cuenca del Choapa, ficha que contiene la siguiente información:

- Tipo de modelo
- Datos de entrada
- Dominio espacial o alcance geográfico
- Período de calibración
- Escenarios simulados
- Período de simulación
- Facilidad de traspaso a usuarios
- Otros aspectos de interés

Las fichas de modelos existentes para la cuenca del Choapa se encuentran en el Anexo Capítulo 2.2.

Estas fichas, con toda la información que se recogió acerca de los modelos, se subieron también a la plataforma digital, de modo de hacerlas disponibles para todos los usuarios en interesados en los recursos hídricos.
Se revisaron los siguientes estudios:

- Aplicación de metodologías para determinar la eficiencia de uso del agua. Estudio de caso Región de Coquimbo, CAZALAC / RODHOS para Gobierno Regional de Coquimbo, 2006.
- Estudio de modelos de gestión de recursos hídricos superficiales y subterráneos, para las cuencas de las provincias de Elqui, Limarí y Choapa, RODHOS para CRDP Coquimbo, 2015.
- Análisis vulnerabilidad futura Cuenca del Río Choapa y Estero Pupío, Antofagasta Minerales, Los Pelambres, desarrollado por Centro de Cambio Global UC, año 2012.
- Modelación hidrogeológica de acuíferos de la cuenca del río Choapa, Hidrogestión para CORFO, 2016
- Modelo WEAP: Funcionalidades

La última ficha de la lista está destinada a la descripción del software WEAP propiamente tal, en la cual se destacan sus principales funcionalidades. Se agrega además, como Anexo Capítulo 2, una Guía para modelación con la plataforma WEAP, que corresponde al manual SEI original del modelo.

De todas formas, es necesario señalar que el resultado de la recopilación de antecedentes a partir de modelos existentes depende del trabajo que se haya dado cada consultor en hacer visibles los datos de entrada y los resultados de la modelación. En el modelo MAGIC, los datos y resultados son muy fácilmente visibles en las matrices de entrada y de salida que el modelo muestra para cada escenario. Diferente es la situación para los modelos Modflow, Feflow y WEAP, donde los resultados son entregados en la medida que el operador los solicite. Los modelos licenciados, como Visual Modflow, Feflow y WEAP por lo tanto, requieren tener acceso a una versión licenciada para ver los resultados. Dada esta limitante, Orphanópoulos y Dumoulin (2015) desarrollaron una metodología de exportación de resultados desde WEAP, que permite tener a la vista todos los resultados de la modelación, tal como ocurre con MAGIC. En el presente estudio, así como en los anteriores realizados WEAP, se ha aplicado esta metodología para que el lector pueda tener acceso a todos los resultados de cada escenario modelado.

A modo de breve reseña histórica, y como para dar un panorama del desarrollo de la modelación en Chile y particularmente en la cuenca del Choapa, se puede señalar que a partir de los años 2000, gracias a la evolución rápida del potencial de cálculo de las herramientas computacionales, los modelos hidrológicos integrados fueron tomando cada vez más importancia en los estudios de gestión y planificación del recurso hídrico, cumpliendo con los desafíos crecientes de una gestión integrada.

A mediados del año 2002, la DGA comenzó un proyecto destinado a fusionar las mejores características de dos modelos (MOS Aconcagua y MODMaule) en un solo modelo genérico, flexible e integrado, que permitiera realizar una simulación hidrológica superficial y subterránea de cualquier cuenca de la cual se dispusiera de toda la información necesaria.

Este proyecto se denominó MAGIC, sigla que corresponde a de Modelación Analítica, Genérica e Integrada de Cuencas.

El proyecto tomó el concepto de cuenca y el código fuente del estudio "Complemento Diseño Modelación Hidrológica, DGA, 2000" y los fundió con el concepto y la forma de funcionamiento de los acuíferos, zonas de riego y embalses del estudio "Modelo de Simulación Hidrológico Operacional Cuenca del Río Maule, VII Región, DGA, 1997". Además, se definió una nueva estructura de variables y una interfaz de usuario superior. Todo lo anterior hizo necesario escribir un código fuente completamente nuevo que incorporara todos los elementos mencionados anteriormente, para lo cual se utilizó el lenguaje de programación Delphi 5.0 (orientado a objetos).

Por su lado, en 2004, la Comisión Nacional de Riego, en acuerdo con la DGA, licitó el "Estudio e implementación de modelos hidrológicos acoplados a SIG para el manejo y planificación de las cuencas de Aconcagua y Maipo", en que se buscaba alimentar en forma visual y gráfica, a partir de SIG, las matrices de datos del modelo MAGIC que la DGA estaba estrenando en esa fecha para las cuencas Elqui, Limarí y Choapa (CAZALAC/RODHOS 2006).

En 2005/2006, CAZALAC y RODHOS desarrollaron para el Gobierno Regional de Coquimbo el estudio "Aplicación de metodologías para determinar la eficiencia de uso del agua. Estudio de caso, Región de Coquimbo", en que se modelaron y calibraron cuencas completas por primera vez, y se estudiaron diversos escenarios futuros, en este caso para las cuencas del Elqui, Limarí y Choapa, mediante el modelo integrado de simulación hídrica MAGIC de la DGA.

El año 2006, la CNR licitó el "Estudio e implementación de modelos hidrológicos acoplados a SIG para el manejo y planificación de las cuencas del Maule, Mataquito e Itata".

En 2007 llegó a Chile el modelo integrado de recursos hídricos WEAP, desarrollado en el Stockholm Environment Institute (SEI). Este modelo, en constante evolución desde el año 1988 en que se creó, hoy permite simular procesos hidrológicos de generación de caudales a partir de precipitaciones y temperaturas para investigar los efectos del cambio climático, la generación hidrológica de caudales en cuencas no controladas y el proceso de crecimiento de las plantas. Además permite incluir la modelación de infraestructura hidráulica tal como canales, embalses, centrales hidroeléctricas, sus respectivas reglas de operación, la modelación de la calidad de aguas y la evaluación económica de escenarios, lo que lo transforma en un potente modelo de gestión cuantitativa y cualitativa del recurso hídrico, y justifica su uso cada vez más frecuente en la modelación integrada a nivel de cuenca completa con fines de planificación.

Con este modelo, radicado inicialmente en Centro de Cambio Global de la Pontificia Universidad Católica de Chile, se han llevado adelante una serie de iniciativas de investigación que han permitido, con la participación y colaboración de múltiples actores, el desarrollo de modelos integrados para las cuencas de los ríos Maipo (CCG-UC, 2016a), Limarí (Vicuña et al., 2011), Claro de Rengo (CCG-UC, 2013), Maule-Laja (CCG-UC, 2014), y Serrano (CCG-UC, 2016b), así como diversas cuencas de cabecera incluyendo la del río Choapa y Estero Pupío (CCG-UC, 2012). En muchas de estas experiencias, las características del modelo WEAP han permitido el desarrollo de iniciativas de transferencia de las herramientas de modelación hacia los actores

participantes, tanto en la figura de talleres de capacitación en el uso de la herramienta, como reuniones de co-construcción de escenarios y validación de supuestos de modelación.

El año 2011, CAZALAC desarrolló para la cuenca del río Huasco un modelo (WEAP) para la evaluación de los "caudales ambientales". Dicho proyecto fue ejecutado con recursos del FIC-Atacama.

El año 2012, el Centro de Cambio Global UC, a partir del estudio "Análisis vulnerabilidad futura Cuenca del Rio Choapa y Estero Pupío" desarrollado para Antofagasta Minerals, avanzó en la modelación de la componente hidrológica de las cuencas de cabecera de estas cuencas, permitiendo tener una primera visión del impacto en los caudales bajo escenarios de cambio climático, así como también generando la posibilidad de analizar la sensibilidad de estos sistemas a cambios en las variables climáticas y su relación con componentes de la variabilidad climática interanual.

Posteriormente, en 2013 en la misma cuenca, la DGA realizó el estudio "Análisis integrado de gestión en cuenca del río Huasco Región de Atacama", que tenía como objetivo general el "desarrollar una herramienta de análisis y planificación que permita evaluar diversas situaciones de manejo del recurso hídrico en la cuenca".

En 2014, RODHOS desarrolló para la Corporación Regional de Desarrollo Productivo de la Región de Coquimbo el "Estudio de modelos de gestión de recursos hídricos superficiales y subterráneos, para las cuencas de las provincias de Elqui, Limarí y Choapa". En este estudio se "tradujeron" al programa WEAP los modelos MAGIC desarrollados para las cuencas de los ríos Elqui, Limarí y Choapa con el fin de analizar diversos escenarios de desarrollo.

Esta iniciativa, en su siguiente etapa, a la fecha ha culminado con la terminación del estudio "Análisis modelación embalses de precordillera" licitado por la Corporación Regional de Desarrollo Productivo de la Región de Coquimbo y ejecutado por la Universidad de la Serena en 2016. En este estudio se ha seguido trabajando sobre los modelos WEAP de las cuencas de los ríos Elqui, Limarí y Choapa, adaptándolos para poder simular escenarios de embalses de precordillera.

Paralelamente a estos estudios, CORFO desarrolló en los últimos años estudios de modelación de aguas subterráneas en las cuencas de los ríos Elqui, Limarí y Choapa. El estudio de modelación hidrogeológico de la cuenca del río Choapa "Estudio Hidrogeológico de la Cuenca del Choapa" fue llevado a cabo por la empresa consultora Hidrogestión, usando para ello el modelo Feflow del DHI, lamentablemente poco usual en Chile.

3 EXPERIENCIA INTERNACIONAL DE GIRH

Si bien a primera vista, el concepto de GIRH parece atractivo, un análisis más profundo pone de manifiesto la existencia de problemas en su ejecución. Es así como a pesar del creciente interés y debate en los diversos foros internacionales durante la última década, su implementación real ha sido desigual (Biswas, 2004; Giordano & Shah, 2014; Jeffrey & Gearey, 2006). No obstante, varios investigadores han estudiado países que han avanzado en la implementación de GIRH (Jianping & Haizhou, 2014; Mehta et al., 2014; Mitchell, Bellette, & Richardson, 2014; Mitchell, Priddle, Shrubsole, Veale, & Walters, 2014; Rouillard, Benson, & Gain, 2014; Shah & Koppen, 2006; Suhardiman, Clement, & Bharati, 2015) con el fin de identificar los avances, y también los desafíos que requieren de más investigación y estudios. Ejemplos de estudios de GIRH en países Iberoamericanos son: Guzmán-Arias & Calvo-Alvarado, 2012; Perevochtchikova & Arellano-Monterrosas, 2008; entre otros. Cuatro países de América Latina que han presentado progresos hacia la implementación de GIRH son Brasil, Costa Rica, México y Nicaragua. De estos Suhardiman et al. (2015) y Jeffrey & Gearey (2006) señalan que para avanzar en la implementación efectiva de GIRH, es necesario adaptar los conceptos de la GIRH a los contextos locales, y requiere la inclusión de conocimientos de diversas disciplinas científicas.

Además, éstos y otros estudios de experiencias internacionales con la implementación de una GIRH, han identificado que cualquier plan, para lograr estimular la gestión integrada de los recursos hídricos y un proceso de toma de decisiones continuo, debe tener una naturaleza dinámica (Pochat, 2008). Biswas (2001) indica que para lograrlo, lo primordial es considerar mayores inversiones en infraestructura, tecnología, capacidad humana y cooperación entre países, sectores y grupos sociales. Además, Saleth y Dinar (2005) agregan que pese a que existe la creencia que los efectos de los cambios institucionales son lentos, remotos y marginales, en muchos contextos ocurre lo contrario y son ellos los que motivan una respuesta. El caso de Australia, uno de los casos más exitosos y precursores en gestión integrada de recursos hídricos, muestra que el éxito radica en ir dando solución consensuada, comunicada y coordinada a los problemas reales, en vez de tratar de implementar una GIRH.

Australia ha creado un marco jurídico moderno, el cual es estrictamente pragmático y se adapta a las necesidades concretas de cada sistema en cada momento, además de mostrar una notable comunión de intereses y respeto entre el sector privado y público. Respecto a esto último, Solanes y González-Villarreal (2001) señalan que las experiencias de GIRH relativamente exitosas han incluido un balance positivo entre instituciones, políticas gubernamentales y las comunidades interesadas. Este también es el caso de Marruecos, donde se han generado políticas de transferencia de aguas, fomentando los mercados, y de valorización de las inversiones en infraestructura de riego (Doukkali, 2005), aunque la adaptación de la comunidad a los cambios todavía se encuentra en una etapa de evolución, al igual que el caso de las políticas de GIRH de Sudáfrica (Saleth y Dinar, 2005). En este último caso existe un gran avance, ya que la población ha tomado conciencia de la importancia de las reformas en GIRH. Un caso opuesto es el caso de Sri Lanka, donde las políticas fracasaron, ya que no lograron transmitir de manera convincente la importancia y la urgencia de las reformas propuestas al público (Samad, 2005), probablemente porque no son sentidas como las más necesarias.

Lenton, Wright y Lewis (2005) señalan que la gestión integrada de recursos hídricos (GIRH) se basa en tres pilares básicos: (i) un entorno propicio para políticas y legislación adecuadas sobre recursos hídricos, (ii) un marco institucional de instituciones competentes a nivel nacional, local y cuenca hidrográfica, y (iii) un conjunto de instrumentos de coordinación. A su vez, la Global Water Partnership (2000, 2004), destaca que la implementación de un Plan GIRH es significativamente diferente del enfoque tradicional utilizado para desarrollar planes de agua. En primer lugar, un Plan GIRH establece un marco para un proceso continuo y adaptable de acción estratégica y coordinada y, por lo tanto, es dinámico en lugar de estático. En segundo lugar, la implementación de un Plan GIRH requiere la participación y coordinación de múltiples sectores. Los planes hídricos tradicionales tienden a preocuparse exclusivamente de los problemas de suministro y demanda de agua; sin embargo, un Plan GIRH analiza el agua en relación con otros elementos necesarios para lograr el desarrollo socioeconómico de la cuenca resguardando el medio ambiente y los recursos naturales. Por último, dado que un Plan de GIRH requiere de un proceso coordinado de toma de decisiones en todos los sectores y escalas, este requiere una participación más amplia de los interesados que los enfoques tradicionales.

El análisis del marco institucional para la gestión del recurso hídrico realizado por el Banco Mundial (2013) concluye que una organización para la GIRH, que realice la coordinación efectiva entre los diferentes actores en la cuenc, lograría mejorar:

(i) el uso intersectorial de las aguas,
(ii) la interacción entre el manejo del territorio y los recursos hídricos,
(iii) el uso sucesivo sostenible de las aguas,
(iv) el manejo consensuado de la evolución en el tiempo de los balances oferta/demanda,
(v) la protección efectiva de la calidad del agua, el medio ambiente y la biodiversidad,
(vi) la coordinación entre secciones de una misma cuenca,
(vii) la interacción y uso conjunto de las aguas superficiales y subterráneas,
(viii) la prevención y resolución amigable de conflictos en el nivel local de conflictos.

Por lo señalado, la implementación de una GIRH requerirá iere reformas al Código de Aguas y cambios a la institucionalidad. Sin embargo, como esto es un proceso complejo, lento y de plazos inciertos, nada impide avanzar inicialmente a través de la implementación de una gobernanza formal, que, aunque no vinculante legalmente, realice una coordinación efectiva entre los diferentes actores en la cuenca.

De esa forma, la mejora en la comunicación entre todos los actores permitirá una mayor flexibilidad y mejor adecuación a los requerimientos para una mejor gestión del recurso. De esta forma, se aprovechará mejor la oferta de tecnología y de infraestructura, y se dará mejor sustentación a los proyectos que se planifiquen para abordar los desafíos de gestión, tendiendo a que lo que ofrezca el sector público sea efectivamente lo que requiere el sector privado o ambiental. Finalmente, es importante considerar no sólo el apoyo, sino que también la toma de conciencia por parte de los usuarios, para lo que se requiere invertir en sistemas de comunicación y capacitación. Se debe transmitir el hecho de que la adecuada identificación de las necesidades concretas permitirá guiar y desprender las reformas que sea necesario realizar.

En este sentido, el Consejo Mundial del Agua, WWC, en su V Foro Mundial, plantea cinco elementos clave para integrar el concepto de la educación, capacitación y transferencia de información en políticas de recursos hídricos:

1. Es necesario impartir educación, capacitación y transferencia de información, a todos los usuarios del agua, considerando los conocimientos locales existentes y promoviendo enfoques integrados. Además, es fundamental crear conciencia de la necesidad de continuar aprendiendo por sí mismos.
2. Es conveniente informar a los usuarios de las tecnologías avanzadas, combinándola con el desarrollo de capacidades científicas, ampliando así las opciones en el proceso de planificación que puedan realizar las comunidades.
3. Es necesario fortalecer a las organizaciones de usuarios y organizaciones para una GIRH, con el objetivo de facilitar sinergias entre las asociaciones y redes, y crear mejores vínculos entre los sectores público y privado, por medio de la participación.
4. Es necesario mejorar los datos y la información, y ponerlos a disposición de las personas, promoviendo la cooperación interinstitucional para generar plataformas de acceso público, de modo de mejorar la comprensión del ciclo hidrológico, representar la vulnerabilidad de los sistemas y fortalecer la toma de decisiones informada.
5. Es necesario, si corresponde, incorporar conocimientos tradicionales y locales, y promover buenas prácticas en general, sobre el uso, manejo y conservación de agua en las políticas; integrar y promover la diversidad cultural y las tecnologías en la gestión del recurso, reconociendo su valor económico, ambiental, social y cultural.

La experiencia internacional, en varios países más adelantada que la nacional en materia de gestión de recursos hídricos, aporta antecedentes valiosos para el planteamiento de la GIRH que se ejecuta en el presente estudio. La revisión de las experiencias internacionales se enfoca en rescatar los elementos de la realidad internacional que puedan apoyar o aportar algo interesante al contexto y realidad chilenos, dentro del marco de un PGIRH. Es importante destacar, sin embargo, que no se busca replicar las experiencias exitosas, ni se pretende copiar o uniformar medidas que funcionan en otra parte, por ese solo hecho. Es necesario comprender que la GIRH se puede dar dentro de diferentes contextos culturales, legales, institucionales y de idiosincrasia. Hay muchas medidas que se han tomado en el contexto internacional, que corresponden a otros desarrollos históricos, otras culturas y otras expectativas de desarrollo, y que podrían no tener aplicación en Chile. Lo que se buscó fue extractar conceptos aplicables a la realidad chilena, que puedan generar resultados deseables en el sentido de una GIRH.

En el Anexo Capítulo 3 se presenta en detalle la forma en que las estructuras descentralizadas, específicamente en los países exitosos como México, Francia y Australia, logran la GIRH a nivel de su territorio, cuenca o subcuenca, y las lecciones que podemos extraer de tales experiencias para el caso que nos interesa.

En especial se ha buscado respuestas para los siguientes aspectos:

- Hay una institución específica o una estructura
- A partir de qué iniciativa o contexto histórico se ha formado
- Territorio que cubre

- Selección de partícipes o actores
- Formas de participación
- Respaldo legal
- Marco institucional
- Calidad jurídica de los derechos de agua: públicos, concesionados, privados
- Respaldo político
- Funciones que debe asumir y cómo se definen
- Estrategias de financiamiento
- Sistemas que se manejan para la generación, organización y difusión de la información sobre los recursos hídricos de la cuenca
- Formas de comunicación y con quién, con qué frecuencia
- Procesos para elaborar las herramientas de planificación estratégica para su territorio
- Procesos de planificación a largo plazo
- Metodología para el seguimiento y monitoreo del plan
- Metodología de revisión y actualización del plan

A continuación, se presenta un resumen con los aspectos más destacables de estos tres países.

3.1 MÉXICO

La Ley de Aguas Nacionales (LAN) promulgada en 1992, es la carta rectora de la tuición y gestión hídrica de México. En ella se establece que la explotación, uso o aprovechamiento de agua se realizará a través de títulos de concesión o asignación que deben ser entregados anualmente por Comisión Nacional del Agua (CONAGUA o CNA, ámbito federal), o bien a nivel regional por los organismos de cuenca, e, incluso, por la misma Ley en casos que corresponda.

La Comisión Nacional del Agua de México (CONAGUA) es quien vela por la buena gestión de los recursos hídricos, y asigna las dotaciones de agua conforme con balances hídricos actualizados. El hecho de que el agua sea asignada cada año por la autoridad, entrega una facilidad relevante para considerar, en la distribución, los factores o usos ambientales.

Existen Organismos de Cuenca de CONAGUA en las 13 regiones hidrológicas definidas, cada una de ellas asesorando la gestión hídrica de cada municipio y cuenca. Localmente se establecen los consejos de cuenca, organismos colegiados de integración mixta, que reúnen a los representantes gubernamentales y a los usuarios del agua. Estos consejos son los que definen las necesidades de infraestructura de una cuenca.

De este modo, la GIRH es un asunto que la autoridad del agua promueve a través de sus reparticiones. Sin embargo, hay también algún espacio para la iniciativa privada en la GIRH, la cual se habría establecido localmente con éxito en algunas comunidades agrícolas.

Existen algunos puntos altamente destacables y que bien vale la pena tener en consideración para un plan de GIRH en la cuenca del Choapa u otras cuencas chilenas en general. El declarar que el fin absoluto de la política nacional está dirigido a alcanzar el Desarrollo Sustentable, y que la gestión hídrica debe supeditarse a aquello, es una

manifestación que ordena y establece límites concretos a los planes de GIRH que se instituyan.

Vinculado a ello, está el hecho de que CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) releva la necesidad de que los planes de GIRH consideren de manera explícita que las aguas superficiales y subterráneas interactúan y son interdependientes, condición que puede llevar a que se establezcan las medidas legales e instrumentos necesarios para hacerla efectiva.

Otro aspecto importante es que cada año, todos los potenciales usuarios del agua tienen la misma opción de poder solicitar la concesión de cuotas hídricas a la autoridad, sean o no usuarios en ese momento. No existen derechos a perpetuidad como en el caso chileno. En ese sentido, si la autoridad del agua ofrece a los usuarios de la cuenca planes sustentables claramente fundamentados, donde la participación social ha sido considerada, existe la posibilidad de aunar voluntades para una GIRH. Lo señalado no significa que esto no sea posible en Chile. Bajo el modelo de derechos de agua existente en Chile, que es de plena certeza jurídica, también se puede llegar a buenos acuerdos y planes de GIRH.

Siendo la autoridad la que asigna el agua, es más fácil lograr la unificación de criterios. La GIRH, bajo estas circunstancias, puede alinear con mayor facilidad a las diversas instituciones, organismos y usuarios. La periodicidad del monitoreo y la existencia de indicadores en los diversos ejes de la GIRH, es otro punto a tomar en cuenta, ya que facilita el poder rectificar con precisión y celeridad los planes de GIRH, con lo cual mejora su desempeño.

Por último, el tener diversas instancias de participación cumple con la esencia de la GIRH. Sin embargo, se debe ser cuidadoso en que se mantengan claros los niveles de actuación y decisiones que deba tomar cada instancia. Con ello, podrá salvaguardarse una secuencia jerárquica y organizacional que pueda facilitar la resolución pacífica de conflictos, para lo cual la suficiencia técnica es un insumo importante. A este respecto, debe ser clara la definición y competencia de los equipos técnicos, de las atribuciones de la o las instituciones públicas y de las organizaciones de usuarios (o de cuenca).

Los elementos cuya aplicación podría resultar interesante en Chile, son los siguientes:

- La GIRH debe supeditarse a los fines de la política nacional, que es el desarrollo sustentable.
- Se debe considerar la interacción superficial-subterránea.

3.2 FRANCIA

En Francia, la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) está institucionalizada en 3 niveles:

- a nivel nacional existe el Comité National de l'Eau (CNE) o Comité Nacional del Agua
- a nivel de las 6 macro-cuencas del país, existe un Comité de Bassin o Comité de Cuenca
- a nivel de subcuenca o de un acuífero existen las Comissions Locales de l'Eau (CLE)

A nivel nacional, el Comité Nacional del Agua (CNE), cuyo presidente es nombrado directamente por el Primer Ministro, se compone de representantes de usuarios del agua, asociaciones, autoridades locales y administraciones públicas, además de expertos y de los presidentes de los Comités de Cuenca. Este Comité opina sobre temas relacionados con la política nacional del agua y ejerce una función asesora en la elaboración de los proyectos y decretos, las reformas y los proyectos de acción del gobierno. Además desde el 2006, se amplió su espectro de intervención a temas relacionados con la tarificación del agua, los servicios públicos del agua y del saneamiento, la pesca y el sistema de información sobre el agua.

A nivel de cada una de las 6 macro-cuencas, el Comité de Cuenca incluye representantes de las autoridades locales (40%), usuarios y asociaciones de usuarios del agua (40%) y del Estado (20%). Este Comité elabora el SDAGE, el documento que define la estrategia y los objetivos en materia de GIRH.

A nivel de subcuenca o de acuífero o de otra unidad hidrográfica coherente, existen las Comisiones Local del Agua (CLE), que incluyen representantes de las autoridades locales (50%), usuarios y asociaciones de usuarios del agua (25%) y el Estado (25%). Las CLE tienen como misión establecer los SAGE o Esquemas de Ordenación del territorio y de Gestión de las Aguas, que son las verdaderas herramientas operacionales locales para la GIRH. Si bien estas entidades tienen la misión de establecer los SAGE, algunas de las metas establecidas no son vinculantes, y pueden ajustarse dentro del plan a lo largo del tiempo. Esta escala es la que más se asemeja al área de influencia de las Juntas de Vigilancia en Chile, ya que se refiere a territorios de unos miles de kilómetros cuadrados. Se observa en este caso, que la gobernanza está claramente definida en la ley, y debe operar en todo el territorio nacional, haya o no necesidad de ella. Tiene financiamiento, y una prescripción de los procesos y responsabilidades que cada entidad debe asumir.

Los aspectos destacables en el caso de la GIRH en Francia, a tomar en cuenta para la implementación de una GIRH en Chile son los siguientes:

- La GIRH y su financiamiento están explícitamente incluidas en las políticas desde la década del 1960 con la creación de las Agencias del Agua y el planteamiento de la gestión por grandes cuencas hidrográficas.

- La GIRH se instaura en un marco legal, el cual ha evolucionado a medida que los problemas que enfrenta la sociedad para hacer gestión del recurso hídrico han ido evolucionando también. Este marco legal permite respaldar la GIRH a través de medidas y acuerdos vinculantes.

- La GIRH busca descentralizar y fomentar la gestión local a través de los actores del territorio involucrado: si bien la GIRH se aplica a diferentes niveles y escalas, la unidad de GIRH más pragmática y aterrizada es a nivel local de SAGE (Schema d'Aménagement et de Gestion des Eaux) y contratos de medios.

- La GIRH nace de la necesidad: los SDAGE establecen un marco para la GIRH y cubren la totalidad del país. En cambio, los SAGE nacen directamente de la necesidad de solucionar un problema de gestión específico. Sin un problema, no se necesita GIRH local y por lo tanto no se genera la instancia. Este hecho se refleja en los mapas de estado de avance de los SAGE y contratos de medio, donde se observa que solo cubren en forma parcial el territorio francés.

- Para implementar la GIRH a nivel local se sigue un proceso establecido flexible, con pasos e hitos claros, algunos reglamentarios. Este "camino a seguir" permite generar instancias de gestión coherentes con las realidades locales y con las políticas regionales y nacionales, aprovechando la experiencia concreta de más de medio siglo de GIRH. En este sentido entrega una pauta para evitar volver a cometer errores y facilitar la GIRH donde se necesita. En forma similar, si bien la Ley establece la composición del "parlamento del agua" o Comisión Local del Agua (CLE) a través de porcentaje de participación de los diversos actores (Estado nivel central y local, sector privado, sociedad civil), tiene una flexibilidad que permite que esta instancia se adecúe a la realidad local y represente a todos los actores relevantes.

- Finalmente, la GIRH tiene una fuerte componente técnica. Se basa en un conocimiento acabado del territorio posible gracias la sistematización de la gran cantidad de información disponible tanto de oferta hidrológica como de demanda.

3.3 AUSTRALIA

Australia tiene semejanzas con Chile en el sentido de que tiene derechos privados de agua, que gozan de total certeza jurídica.

En 1994, el Consejo de Gobiernos Australianos (COAG) aprobó un marco para las reformas relacionadas con el agua, las que tuvieron lugar en 2004, y están plasmadas en la ley llamada National Water Iniciative (NWI). Su preámbulo dice lo siguiente:

"La política de aguas y recursos hídricos tiene su base en el marco para las reformas de aguas, generado en el Council of Australian Governments (COAG), 1994, y en iniciativas legales posteriores, que reconocieron que la gestión óptima del recurso hídrico de Australia es un tema nacional. Como resultado de estas iniciativas, tanto los estados como los territorios han hecho un progreso considerable hacia una gestión hídrica más eficiente y sustentable, durante los últimos 10 años. La mayoría de las jurisdicciones se han embarcado en reformas significativas de sus regímenes de gestión, separando los derechos de agua de los títulos sobre la tierra, separando las funciones de distribución de aquéllas de regulación, y haciendo provisiones explícitas de caudales ecológicos. "

El año 2007, se promulgó una ley nacional, llamada Water Act 2007, enfocada a hacer provisión para la gestión del recurso hídrico de la cuenca Murray-Darling, y para hacer provisión para otros aspectos de interés nacional relacionados con el agua e información hídrica, y propósitos relacionados.

En el marco de esta ley nacional, en diciembre de 2008, Australia creó la Autoridad de Gestión de la Cuenca del Murray-Darling (MDBA), una agencia legalmente constituida, independiente, experta, encargada de llevar adelante un Plan de Cuenca vinculante en beneficio de toda la comunidad de la cuenca.

La MDBA está integrada por 6 miembros, un representante de cada uno de los 5 estados partícipes, y uno del gobierno federal.

Reporta al Ministro de Agricultura y Recursos Hídricos de la Commonwealth, y escucha al comité de oficiales de la cuenca y al comité comunitario de la cuenca.

Tiene 4 divisiones de trabajo: Manejo del río y del cauce, Políticas y planeamiento, Manejo del medio ambiente y Administrativo legal.

El Plan de Cuenca Murray-Darling es el resultado de varios años de investigación y análisis, y de consulta con los usuarios del agua (los que tienen los derechos) y los gestores del agua (repartidores, administradores, reguladores, fiscalizadores), en todos los niveles de la comunidad, industria y gobierno. No obstante, el Plan es dinámico, y seguirá siendo refinado y actualizado con el conocimiento logrado por las evaluaciones y monitoreo que están en marcha.

En su médula, el Plan de Cuenca determina la cantidad de agua que puede ser extraída anualmente desde la Cuenca para usos consuntivos (urbano, industrial y agrícola), de modo de mantener la cuenca en estado saludable, para que pueda seguir sustentando todos los usos.

Sin embargo, el Plan de Cuenca es mucho más que un límite a la extracción, pues contiene planes específicos y marcos para asegurar:

- Que las personas, industrias y medio ambiente reciban agua de buena calidad
- Que el uso del agua ambiental sea efectivo
- Que los gobiernos estatales estén comprometidos con el Plan
- Que las comunidades siempre tengan acceso al agua de bebida
- Que el mercado del agua sea eficiente y justo

Para ello, la implementación del Plan es monitoreada y evaluada.

A través del Plan de Cuenca Murray-Darling, el gobierno australiano tiene un plan de inversión de más de 5 billones de dólares, con los siguientes objetivos:

- Aumentar la eficiencia de las redes de irrigación y la infraestructura de ahorro de agua intrapredial
- Recuperar agua para el medio ambiente, mediante la recompra de derechos de agua a vendedores voluntarios en el mercado del agua
- Explorar otras medidas y obras para el medio ambiente

Lo señalado en la descripción detallada de la legalidad del agua australiana, muestra la fuerza del derecho de agua, que es privado, tiene plena certeza jurídica, está separado de la tierra y se transa en un mercado, todas condiciones reconocidas como necesarias para el desarrollo. El derecho mantiene su calidad legal, incluso en el marco de un programa que requiere el retorno de aguas desde el uso productivo hacia el medio ambiente. Las metodologías de retorno son la recompra y el canje por infraestructura de mejoramiento de eficiencia. El derecho de propiedad sólo puede ser alterado en condiciones específicas de emergencia, y siempre se busca el mutuo acuerdo entre el gobierno y el titular. También muestra que desde el año 1994, se ha tenido en cuenta la necesidad de cuidar del medio ambiente, y que las medidas que se están tomando en la actualidad, se toman dentro de un marco legal establecido en dicho año, y perfeccionado y completado desde entonces. No son medidas improvisadas.

En base a la revisión, se puede decir entonces que las siguientes son lecciones muy claras del caso australiano:

- Visión y políticas de largo plazo: hoy se están tomando las medidas de acuerdo a lo previsto en la ley de 1994.

- Planificación legal: cada ley crea la posibilidad de complementarla o enmendarla de acuerdo a lo que se vaya requiriendo en el tiempo

- Importancia de asegurar la producción, reconocida por el estado. El estado reconoce que como aspecto prioritario debe generar las condiciones para que los individuos, en forma personal, u organizados en empresas, puedan producir.

- Sociedad entre el estado y los usuarios. Los usuarios se sienten apoyados por el estado, y entre ambos se potencian para crecer y hacer crecer el país.

- Derechos de agua privados y protegidos por el estado. En ese contexto, el estado da plena seguridad jurídica a los derechos constituidos a los privados.

- Fomento del mercado y de su transparencia. Se declara por ley que el mercado será fomentado lo mismo que su transparencia, para asegurar una ágil reasignación del recurso hídrico hacia los usos más productivos, en un escenario en que todos deben ganar, y nadie debe quedarse atrás por falta de información.

- Medidas de recompra de derechos por parte del estado o canje por infraestructura, cuando las necesidades medioambientales u otras lo requieren. Las medidas de recompra o canje por infraestructura se han implementado en la cuenca Murray- Darling, donde el estado requiere restaurar la ecología del cauce. Las medidas se toman de común acuerdo con los privados, en total respeto por la seguridad jurídica del derecho constituido.

4 SOBRE LA GESTIÓN INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS

4.1 BREVE HISTORIA DE LA GIRH

En Europa, la gestión integrada fue incorporada tempranamente en la legislación de Francia (ley de 03 de enero de 1992) y Alemania (ley enmendada el 23 de septiembre de 1986), ambos países precursores en el manejo sostenible de cuencas. Esta forma de gestionar, no sólo el agua, sino que también los territorios vinculados a las cuencas, ha permeado hasta llegar a los Acuerdos Marco de la Unión Europea y por lo tanto a hacerse extensivo a los países miembros.

En esos países se propuso un desarrollo integrado de las cuencas, poniendo como principal objetivo el desarrollo sustentable, e incorporando en este concepto los componentes sociales, económicos y ambientales. En Francia, existen "Agencias de cuenca", que manejan los planes de aprovechamiento llamados SDAGE, a nivel de grandes cuencas, y las "Comisiones locales del agua", que manejan los planes SAGE, los cuales constituyen la adaptación de los planes SDAGE a una escala local de subcuenca o masa de agua. Lo más relevante es que los acuerdos son de tipo vinculante, no obstante los plazos para lograr las metas se remiten a una autodefinición y revisión periódica, dentro de marcos regulados por la Unión Europea.

En otros países, como Estados Unidos (Caso del río Colorado) se inició una propuesta de acuerdos voluntarios para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos, poniendo también como objetivo el desarrollo sustentable de los componentes de la cuenca. Esta propuesta, sin embargo, no logró que el río esté inserto dentro de una GIRH, en particular por la multiplicidad de actores y el hecho que el río cruza 7 Estados del país, cada uno con algunas particularidades legales. Aunque existen leyes que rigen los derechos de agua (Ley del Río, originalmente de 1922), las sequías y el aumento de las demandas han originado acuerdos interestatales y entre las zonas Altas y Bajas del río, pero siempre basados en las disponibilidades de agua más que en la gestión integrada (Institute for Water Resources, U.S. Army Corps of Engineers, 2014. Aspects of Governing Water Allocation in the U.S. 136 p.)

En un esfuerzo por fomentar la visión multidisciplinaria, la Asociación Americana de Ingenieros Civiles (ASCE, sus siglas en inglés) creó una División de Planificación y Gestión de Recursos Hídricos (Grigg 1996), la cual incentiva y valora los esfuerzos que tienden a la gestión integrada en los recursos hídricos, incluyendo la investigación de componentes. Así, por ejemplo, la ASCE tiene a su cargo revistas de alto prestigio científico, como Journal of Water Resources Planning and Management, Journal of Sustainable Water in the Built Environment, y el Journal of Environmental Engineering, entre otros. No obstante lo anterior, a nivel país, no existe una normativa o ley que obligue a manejar los recursos hídricos dentro de una gestión integrada (Ballweber, Jefferey, 2006. A Comparison of IWRM Frameworks: The United States and South Africa. Universities Council on Water Resources Journal of Contemporary Water Research & Education Issue 135, Pages 74-79, December 2006).

Una de las primeras manifestaciones concretas de la GIRH de alcance mundial, fue la fundación de la ONG llamada Global Water Partnership, o GWP, el año 1996, con el

objetivo específico de fomentar la gestión integrada del recurso hídrico. La GWP es una red mundial, abierta a todas las organizaciones relacionadas con la gestión del agua: instituciones gubernamentales de países desarrollados o en desarrollo, agencias de las Naciones Unidas, bancos de desarrollo, asociaciones profesionales, institutos de investigación, organizaciones no gubernamentales y el sector privado. Está organizada en diferentes comités a nivel de continente.

El creciente interés en la GIRH llevó a que muchas instituciones de desarrollo (Banco Mundial, Banco Interamericano de Desarrollo, Banco de Desarrollo de América Latina, entre otros) centraran sus iniciativas en el sector hídrico, y en la implementación de la GIRH. Por ejemplo, uno de los principales pilares de la política del Banco Asiático de Desarrollo (ADB), denominada, "Agua para Todos", es fomentar la gestión integrada de los recursos hídricos. Más específicamente, el ADB fomenta la planificación hídrica basado en la GIRH y la creación de organizaciones para la GIRH. A su vez, el Banco Africano de Desarrollo fomenta que los países con los cuales trabaja, utilicen los conceptos de la GIRH para crear una política nacional del recurso hídrico. Lo anterior se revela de la revisión de los principios de varias instituciones multilaterales de financiamiento.

En el caso de Chile se han desarrollado acciones que orientan hacia una GIRH, a partir del año 1993, año en que la DGA intentó formar la Corporación de Cuenca del río Bío-Bío, que tuvo dos años de vida. Desde entonces, ha habido diversas iniciativas de estudios integrados del recurso hídrico, por parte de la Dirección General de Aguas y la Comisión Nacional de Riego, buscando entender la dinámica hídrica a nivel de una cuenca completa, integrando los actores que representan la demanda con las instituciones que administran la oferta, y avanzando en el tema del valor económico y social del agua.

En el marco del Programa de Manejo de Recursos Hídricos (PMRH), a partir de 1998, la DGA licitó diversos estudios de Planes Directores. En 1998 se licitó el estudio Plan Director para la gestión de los recursos hídricos en la cuenca del río San José, en 2001 los Planes Directores de las cuencas de Aconcagua e Imperial, en 2003 el Plan de la cuenca del Maule (diagnóstico), en 2007 los Planes Directores Maule y Maipo (diagnóstico), y en 2008, el Plan Director Maipo.

Mientras tanto, el año 2000, y gestionada por la Dirección General de Aguas, la GWP llegó a Chile a través de su comité SAMTAC (South American Technical Advisory Commitee), con un proyecto llamado "Fortaleciendo los regímenes para la gestión integrada del recurso hídrico", en el marco de las actividades de un proyecto mayor llamado "Mapping, Visioning and Preparation of the Framework for Action". Ese año se desarrollaron en Chile los términos de referencia para implementar dicho estudio de fortalecimiento a nivel de los países de América del Sur, con el apoyo financiero de UNESCO.

Los estudios integrales a nivel de cuenca siguen hasta el día de hoy, aunque el año 2010 comenzaron a llamarse Planes Maestros de Recursos Hídricos, de los cuales la DGA realizó el de la Región de Tarapacá el año 2013, Región de Coquimbo el año 2013 y Región Metropolitana de Santiago, el año 2015.

El desarrollo de los Planes Directores y Maestros se muestra en la siguiente Figura 4.1-1.

Figura 4.1-1 Desarrollo de los Planes Directores y Maestros a nivel de cuenca en Chile



Por su lado, en 2004, la CNR en acuerdo con la DGA, licitó el "Estudio e implementación de modelos hidrológicos acoplados a SIG para el manejo y planificación de las cuencas de Aconcagua y Maipo", en que se buscaba alimentar en forma visual y gráfica, a partir de SIG, las matrices de datos del modelo de gestión integrada que la DGA estaba estrenando en esa fecha.

En 2005/2006, CAZALAC y RODHOS desarrollaron para el Gobierno Regional el estudio "Aplicación de metodologías para determinar la eficiencia de uso del agua. Estudio de caso, Región de Coquimbo", en que se modelaron y calibraron cuencas completas por primera vez, y se estudiaron diversos escenarios futuros, en este caso para las cuencas del Elqui, Limarí y Choapa, mediante el modelo integrado de simulación hídrica MAGIC de la DGA.

El año 2006, la CNR licitó el "Estudio e implementación de modelos hidrológicos acoplados a SIG para el manejo y planificación de las cuencas del Maule, Mataquito e Itata".

Durante el mismo lapso, más concretamente a partir de 2007, también llegaba a Chile el modelo integrado de recursos hídricos WEAP, desarrollado en el Stockholm Environment Institute (SEI). Este modelo, creado en 1988, simula procesos hidrológicos de generación de caudales, y procesos de crecimiento de las plantas, pero es fundamentalmente un modelo de planificación del recurso hídrico, y su uso más frecuente es el de la modelación integrada a nivel de cuenca completa con fines de planificación.

Con este modelo, radicado inicialmente en la Universidad Católica de Chile, se han simulado a nivel académico, en forma integrada, las cuencas de Limarí, Copiapó, Huasco, Claro de Rengo, Maule-Laja, diversas cuencas de cabecera y actualmente la cuenca del Maipo, investigando el efecto del cambio climático, la generación hidrológica de caudales en cuencas no controladas, además de explotar las capacidades propias de

WEAP, que permite incluir la modelación de centrales hidroeléctricas y la modelación de la calidad de aguas.

El año 2011, CAZALAC desarrolló para la cuenca del río Huasco un modelo (WEAP) para la evaluación de los "caudales ambientales". Dicho proyecto fue ejecutado con recursos del FIC-Atacama.

Posteriormente, en 2013 en la misma cuenca, la DGA realizó el estudio "Análisis integrado de gestión en cuenca del río Huasco Región de Atacama", que tenía como objetivo general el "desarrollar una herramienta de análisis y planificación que permita evaluar diversas situaciones de manejo del recurso hídrico en la cuenca".

En 2013, la Corporación Regional de Desarrollo Productivo de la Región de Coquimbo llamó a licitación con fondos FIA, para estudiar diversos escenarios de desarrollo de las cuencas Elqui, Limarí y Choapa, mediante modelos de simulación integrada, donde se aplicó el modelo WEAP. Esta iniciativa, en su siguiente etapa, ha culminado con la modelación de varios escenarios de embalses de precordillera en las mismas tres cuencas, y el análisis de sus efectos hacia aguas abajo.

Por otro lado, la Estrategia Nacional de Recursos Hídricos del año 2012, incorporó la gestión integrada de recursos hídricos como objetivo explícito.

Todas estas iniciativas reconocen la cuenca como unidad de análisis, el valor del agua en todas las actividades, la necesidad de una gestión integrada y la necesidad de una buena organización para lograrla. Lo que se requiere ahora, es establecer un marco de acción que permita avanzar en la gestión integrada del recurso hídrico, que frecuentemente aparece como un nuevo paradigma en la gestión de las aguas, tanto a nivel nacional como internacional, pero que sólo en contadas ocasiones es objeto de un análisis detenido.

4.2 CONCEPTOS Y PRINCIPIOS DE LA GIRH

Los problemas de agua se encuentran cada vez más interrelacionados social, económica, ambiental, legal y políticamente a nivel local y nacional. En la actualidad, muchos de los problemas de gestión del agua se han vuelto complejos e interconectados, por lo que se han llamado multi-dimensionales, multi-sectoriales y multi-regionales, caracterizados por múltiples intereses, agendas y causas.

Para todos los que de alguna manera, o desde cualquier actividad, resienten los problemas de una gestión sectorial del recurso hídrico, el concepto de GIRH resulta atractivo. Sin embargo, a la fecha no existe un acuerdo sobre cuestiones fundamentales como los aspectos que habría que incorporar, cómo incluirlos, quién debieran tener un rol activo, o incluso si la integración en un sentido más amplio es posible.

Una de las principales interrogantes que enfrenta la gestión del agua es, por lo tanto, cómo este desafío se puede responder con éxito de una manera económicamente eficiente, socialmente aceptable y ambientalmente sostenible.

Si bien el concepto de la GIRH ha estado presente desde hace 100 años (Biswas, 2008), el proceso de concienciación sobre el valor estratégico de los recursos hídricos a nivel

mundial tuvo su origen en la primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua (Mar del Plata, Argentina, 1977), continuó en la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente (Dublín, Irlanda, 1992) y luego en la Conferencia de la Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo ECO 92 (Río de Janeiro, Brasil, 1992).

La Asociación Mundial del Agua o Global Water Partnership para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico, fundada en 1996, define este concepto como:

"La gestión integrada del recurso hídrico es un proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el beneficio económico y social resultante, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales."

Un estudio del Banco Interamericano de Desarrollo (Van Hofwegen, Paul y Frank Jaspers 2000), centra la atención en un aspecto ligeramente diferente y dice que:

"La gestión integrada del agua implica tomar decisiones y manejar los recursos hídricos para varios usos, de forma tal que se consideren las necesidades y deseos de diferentes usuarios y partes interesadas. Agrega que la gestión integrada comprende la gestión del agua superficial y subterránea en un sentido cualitativo, cuantitativo y ecológico desde una perspectiva multidisciplinaria y centrada en las necesidades y requerimientos de la sociedad en materia de agua."

Al respecto, en la publicación CEPAL 47 (002) de la Serie Recursos Naturales e Infraestructura, que lleva por título "Gestión del agua a nivel de cuencas, teoría y práctica", de los autores Axel Dourojeanni, Andrei Jouravlev y Guillermo Chávez, se afirma que, si uno analiza estas y otras definiciones, se puede llegar a la conclusión de que la gestión integrada del agua puede entenderse como al menos cinco formas distintas de integración:

- la integración de los intereses de los diversos usos y usuarios de agua y la sociedad en su conjunto, con el objetivo de reducir los conflictos entre los que dependen de y compiten por este escaso y vulnerable recurso
- la integración de todos los aspectos del agua que tengan influencia en sus usos y usuarios (cantidad, calidad y tiempo de ocurrencia), y de la gestión de la oferta con la gestión de la demanda
- la integración de los diferentes componentes del agua o de los diferentes fases del ciclo hidrológico (por ejemplo, la integración entre la gestión del agua superficial y del agua subterránea)
- la integración de la gestión del agua y la gestión de la tierra y otros recursos naturales y ecosistemas relacionados, y
- la integración de la gestión del agua en el desarrollo económico, social y ambiental.

Vale señalar que el término GIRH (Gestión Integrada de Recursos Hídricos) debe entenderse como sinónimo del término MIRH (Manejo Integrado de Recursos Hídricos). Ambos provienen de la traducción desde el inglés de IWRM (Integrated Water Resources Management), siendo la traducción "Manejo" más antigua, pero se refiere a lo mismo.

Una sucesión de importantes encuentros internacionales remarcaron la trascendencia de una evolución en la gestión del agua en el mundo. En su "Carta de Dublín" la ONU

estableció los Principios Básicos para el gerenciamiento de los recursos hídricos en el mundo.

La Carta de Dublín contiene 4 principios, llamados también los Principios de Dublín, que han mantenido su vigencia como principios rectores de la GIRH hasta el día de hoy. La explicación que se agrega, se apoyó en lo expresado por el Ministerio del Agua, Ambiente y Servicios Públicos del Gobierno de la Provinica de Córdoba, Argentina, que resulta muy aclaradora.

- Principio Nº 1

El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente.
Este principio introdujo el concepto de integralidad en la gestión, o enfoque "holístico", que integra el desarrollo social y económico con la protección del medio ambiente, la necesidad de considerar los diferentes sectores en las decisiones, y el hecho de que el recurso es limitado y vulnerable.

- Principio Nº 2

El aprovechamiento y la gestión del agua debe inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles, permitiendo que las decisiones se tomen al nivel más bajo posible.
Este principio introdujo la necesidad de concebir el proceso como participativo, donde se deben distribuir las decisiones y responsabilidades.

- Principio Nº 3

La mujer desempeña un papel fundamental en el abastecimiento, la gestión y la protección del agua.
Este principio resalta el rol de la mujer, administradora por naturaleza, en la administración de este bien, especialmente en los medios rurales.

- Principio Nº 4

El agua tiene un valor económico en todos sus diversos usos en competencia a los que se destina y debería reconocérsele como un bien económico.
Este principio muestra que el agua debe gestionarse como un bien económico, lo que significa un mayor uso de incentivos de mercado e instrumentos económicos como herramientas de gestión para su uso eficiente, de modo de reconocer explícitamente el valor del agua.

Para tener siempre en vista lo que conceptualmente significa una GIRH, es útil acordarse de tres conceptos en ella representados, que responden al más absoluto sentido común:

- Eficiencia económica en el uso de los recursos hídricos, porque son limitados
- Eficiencia ambiental en el uso de los recursos hídricos, para que nuestra acción sea sustentable
- Una administración para la paz social

En cualquier caso, hoy hay un consenso de que la gestión integrada del recurso hídrico requiere la integración disciplinaria, pues significa integrar:

- Todas las fases del ciclo hidrológico, en el sentido de la oferta
- Todos los sectores económicos o intereses económicos, en el sentido de la demanda
- Todos los usos no económicos, como ambientales o ecológicos
- Todos los aspectos del agua: cantidad, calidad y oportunidad
- Todos los recursos relacionados con el agua, como suelo, flora, fauna
- Todos los usuarios del agua, en el sentido de evitar la conflictividad
- Todas las instituciones ligadas al agua, que dan el marco a la gestión

El análisis de casos internacionales exitosos pone de manifiesto que las dificultades para aplicar dichos conceptos en la práctica, pueden ser superadas de diversas formas, dependiendo fuertemente de la idiosincrasia de los pueblos. Ello explica que la GIRH no tenga patrones únicos, ni universalmente aplicables, sino que más bien se trate de un traje a la medida, diferente incluso entre cuencas de un mismo país, que además, debe ser ajustado cada cierto tiempo.

Lo que sí parece claro, es que se requiere una voluntad política para lograr el concierto de las diversas instituciones públicas y privadas involucradas, las que deben coordinar sus capacidades de gestión y recursos presupuestarios individuales, en aras de un desarrollo más armónico y más sustentable. Esto lleva a otra instancia no menos compleja de la GIRH, la gobernanza.

La Real Academia de la Lengua Española define el término de Gobernanza como 1. Arte o manera de gobernar que se propone como objetivo el logro de un desarrollo económico, social e institucional duradero, promoviendo un sano equilibrio entre el Estado, la sociedad civil y el mercado de la economía. 2. Acción y efecto de gobernar o gobernarse.

El término Gobernanza proviene del término inglés Governance, desde donde ha sido traducido de dos formas: gobernanza y gobernabilidad, ambos términos usados indistintamente, ya que la definición del término Gobernabilidad según la RAE es la siguiente: 1. Gobernanza, 2. Cualidad de gobernable.

Cook y Bakker (2012) relevan que la GIRH, a un nivel macro, propone y convoca a la buena gobernanza. Ahora bien ¿qué podemos entender por buena gobernanza? De acuerdo con Delgado et al. (2007), una buena política de gobernanza es aquella que toma en cuenta las características socio-ecológicas locales, es decir, que involucra a todos los actores que, de una u otra forma, se vinculan a un entorno de recursos naturales o bienes colectivos. Los actores incluyen grupos étnicos, productores agrícolas, empresas mineras, asociaciones de usuarios de agua, asociaciones campesinas, etc., todos los cuales dependen de una u otra manera del área de análisis, con sus particularidades ecológicas propias (paisajes, ecosistemas presentes sean vulnerables o no). Los grupos sociales se integrarán en una gobernanza por intereses de diversa índole (productiva, cuidado del entorno, tradición y costumbres, experiencia y conocimiento técnico, religiosidad, tipo de funciones y obligaciones públicas o privadas, etc.) y, conforme a ello podrán generarse grupos de trabajo con fines definidos, pero insertos en una estructura interactiva y armónica.

Esto no funcionaría bien si dicha participación ocurriera cuando ya existen decisiones tomadas desde una jerarquía gubernamental o legislativa (top-down) y la intervención de los actores locales se limitara a ser informados y a adaptarse a la situación. Tampoco sería eficiente una visión "bottom-up" que implicara que las decisiones de planificación y manejo se tomaran por parte de los usuarios y sin la participación del Estado, ya que no estaría exenta de conflictos, y sería difícil llegar a consensos.

A raíz del enfoque anterior, Delgado et al. (2007) abogan por una asociación entre actores que comparten un recurso, donde en conjunto se acuerden políticas de actuación, monitoreo y cuidado a todo nivel. Es decir, si se pretende efectuar una gestión integrada, es lógico que las decisiones de cómo hacerla se tomen también de una manera integrada. Para poder llevar a cabo esta figura, Delgado et al. (2007) proponen constituir mesas, grupos o consorcios público-privados, considerando las características socio-ecológicas locales. En estas mesas, grupos o consorcios, los organismos gubernamentales (que tienen un rol en temas ambientales y que deben hacer cumplir las normativas), y la sociedad civil (dueños de derechos, empresas, juntas de vecinos, comuneros, ONGs, etc.) se relacionan y deben tender a democratizar la toma de decisiones y a generar responsabilidades activas y vinculantes de la comunidad en el manejo de los recursos. De esa manera, se alcanzaría el compromiso generalizado para acometer los desafíos de las múltiples variables y recursos que se asocian al agua, la obtención de beneficios y el uso sustentable de los recursos naturales.

Conforme a Cook y Bakker (2012), esa buena gobernanza permitiría además activar un concepto anexo y muy empleado, la seguridad hídrica. La seguridad hídrica, definida antes, podrá operativizarse y ser exitosa en los mismos términos que una buena gobernanza, para la GIRH.

4.3 APLICACIÓN DE LA GIRH, O PLAN GIRH

La disponibilidad del recurso hídrico, en términos de cantidad y calidad, es la base del bienestar y modo de vida de los habitantes, así como un factor de producción de numerosas actividades económicas existentes en una cuenca, entre ellas la agricultura y la minería. Asimismo, la disponibilidad del recurso es fundamental para otras actividades como la generación de energía, el turismo, así como para el desarrollo y bienestar de los ecosistemas naturales. Mientras tanto, el exceso o escasez de agua puede dar lugar a amenazas tales como la concentración de contaminantes, la falta de flujo de agua adecuado para sustentar los medios de vida y la actividad económica, o generar daños a activos físicos relacionados con inundaciones, la degradación de los sistemas naturales y las disputas entre los usuarios.

Los recursos hídricos son utilizados por distintos actores presentes en una cuenca, quienes tienen diversas necesidades, prioridades y percepciones. La convivencia de esta diversidad de usuarios sobre un mismo territorio, y el crecimiento de sus actividades, puede generar competencia por el uso de agua, lo que puede provocar conflictos por la distribución y acceso al recurso, especialmente en zonas que sufren condiciones de constante escasez. En este contexto, surge la necesidad de implementar sistemas que permitan un manejo y distribución de los recursos hídricos, que sean capaces de representar de buena manera la complejidad del sistema.

Adicionalmente, los impactos esperados del cambio climático sobre los recursos hídricos, son factores relevantes a la hora de planificar y gestionar su uso. La planificación se ha basado por años en el supuesto de un ciclo hidrológico estacionario. Hoy existe consenso en que este supuesto es discutible, lo que supone una necesidad de nuevas herramientas para la evaluación y planificación de los recursos hídricos, que permitan a los usuarios adaptarse a estas nuevas condiciones, en general más restrictivas.

Bajo esta concepción, la visión de cuenca que se propone, implica la consideración y participación de múltiples actores. Es necesario considerar las distintas miradas sobre el recurso, especialmente aquellas que tienen como centro de su accionar el entorno rural y agrícola, tal como comités de agua potable rural, pequeños agricultores y grandes asociaciones de regantes, así como también otras actividades relevantes presentes en la cuenca, como la actividad minera en las cabeceras de la cuenca, y los sectores urbanos con suministro de agua potable. Adicionalmente la relevancia que poseen los ecosistemas naturales como sustento de todo el sistema implica su correcta representación y consideración en esta visión integrada. Así, el salvaguardar la seguridad hídrica en la cuenca dando sustentabilidad futura a sistemas antrópicos como naturales, depende de nuestro mejor entendimiento y valorización de este territorio. Es en este contexto donde un Plan de Gestión Integrada de Recursos Hídricos para la cuenca del río Choapa toma valor como un elemento estratégico, el cual podrá llegar a convertirse en el principal instrumento de planificación y gestión del recurso hídrico a nivel de la cuenca, promoviendo la coordinación y orientación de diversas intervenciones locales, tanto a nivel de política pública como decisiones privadas asociadas al agua.

El PGIRH para la cuenca del río Choapa aquí planteado y sustentado en el desarrollo y aplicación de la herramienta de modelación que más adelante se describe, busca establecer:

- El resguardo y desarrollo de los bienes públicos asociados a la gestión del agua, incluidas las líneas de acción que contribuyan a la seguridad hídrica, considerando ésta como un bien de interés para la sociedad en su conjunto.
- Los marcos en los cuales las actividades sectoriales se desarrollan, permitiendo la regulación de las interacciones entre ellas, y
- Las líneas de acción o iniciativas que, por su envergadura y amplitud, requieran de la participación del conjunto o de un grupo de actores, generando un espacio de discusión común en los temas relativos a la gestión del agua en la cuenca.

De acuerdo a las necesidades planteadas para el Plan GIRH, éste tiene las siguientes componentes, las que se desarrollan más adelante:

a) Diagnóstico
b) Objetivos a nivel de cuenca y subcuenca, en el corto y mediano plazo
c) Priorización de objetivos
d) Indicadores y metas para evaluar el avance de la cuenca
e) Escenarios de desarrollo
f) Estrategias, medidas y planes para el logro de los objetivos
g) Estimación de costos
h) Modalidades de financiación
i) Responsabilidades y plazos de aplicación
j) Programas de monitoreo, seguimiento y control

Lo señalado muestra la enorme complejidad que reviste una adecuada GIRH, y la necesidad de una adecuada planificación o plan para su aplicación.

En adelante, hablaremos por lo tanto de un Plan de GIRH o PGIRH, para referirnos a la aplicación del concepto de la GIRH a la realidad de un territorio, cualquiera sea el que se elija como el más apropiado para ello. Este Plan debe expresar un proceso, con una secuencia de lineamientos y acciones, el cual debe propender a que la gestión hídrica sea integrada y lleve a maximizar los beneficios sociales y económicos dentro de un marco de sustentabilidad de los ecosistemas naturales. Por cierto, dicho plan debe incorporar los diversos rubros productivos y actores que conviven en la cuenca que será objeto del PGIRH, por lo tanto, tendrá características y objetivos particulares locales. Al ser un proceso, el PGIRH debe ser constantemente revisado, de manera tal de considerar nuevos emprendimientos y/o adaptarse a variaciones climáticas o ambientales. Para ello, deben existir indicadores de desempeño claros y medibles. Por lo mismo, un PGIRH no puede tener un término, sino que transformarse en una hoja de ruta permanente para el desarrollo de una cuenca.

Para abordar el problema, es útil comprender que un PGIRH se compone de dos partes:

- Un plan o conjunto de acciones consensuadas y viables de llevar a cabo
- Una gobernanza, término que, de acuerdo con la definición francesa de Lascoumes y Le Galès, 2001, se refiere a la estructura social dentro de la cual se realiza el proceso de coordinación entre actores diversos, con recursos y lógicas diferentes, para lograr metas definidas colectivamente.

Dicha definición de gobernanza pone el acento en tres aspectos fundamentales, que son los siguientes:

- La existencia de actores diversos, que en su condición de actores controlan recursos críticos y están presentes de modo estable en la situación (a diferencia de movimientos episódicos que no pueden ser incorporados de forma permanente).
- La constatación de que la diversidad de actores se relaciona también con objetivos diversos, que pueden corresponder a dominios estatales, privados y colectivos.
- La voluntad de poner recursos a disposición en la medida que las metas sean formuladas colectivamente y sean compartidas (es decir, que articulen o respondan a la diversidad de intereses y lógicas de comportamiento presentes)

Otros autores definen la gobernanza del agua como el conjunto de sistemas políticos, sociales, económicos y administrativos establecidos para desarrollar y gestionar los recursos hídricos y proveer servicios de agua a los diferentes niveles de la sociedad (Rogers, 2003). La gobernanza es la implementación efectiva de una asignación del recurso entre múltiples usuarios y una regulación socialmente aceptable. Es así como la gobernanza del agua se refiere al rango de sistemas políticos, sociales, económicos y administrativos que se encuentran en el lugar para desarrollar y gestionar el agua, a diferentes niveles de la sociedad. En términos más sencillos, la gobernanza del agua responde a las preguntas de quién, cómo y cuándo se toman las decisiones respecto a la gestión de recursos hídricos. De esta forma, la gobernanza ayuda a definir y establecer las reglas del juego (Banco Mundial, 2013). Es decir, se considera a la gobernanza como "las interdependencias de los actores públicos, privados y semi-

privados teniendo como referencia la autogeneración de redes para la toma de decisiones" (Klijn and Koppenjan, 2000, Ostrom, 1998).

Las definiciones suponen normalmente la concurrencia de actores públicos, colectivos y privados, es decir, actores sobre cuyas acciones la autoridad pública no siempre tiene el pleno gobierno.

El proceso de construcción de una gobernanza se verifica en contextos de poder distribuido (ningún actor cuenta con el pleno gobierno sobre todo el resto), donde concurren actores de diversa naturaleza, que disponen de recursos diferentes, y que operan desde lógicas distintas, y que, a través de la formulación de objetivos compartidos y estrategias de acción, coordinan sus acciones y sacrifican grados de autonomía en pos de objetivos formulados de modo conjunto y compartidos por sus miembros.

La gobernanza, por tanto, se define en relación con una determinada situación, cuyos límites se relacionan con los problemas de los que busca hacerse cargo. Es importante anotar que la declaración del problema sometido a la gobernanza, definirá las fronteras de la situación y precisará la composición y condiciones de institucionalidad, criterios y formas de trabajo que hacen factible definir y alcanzar los objetivos compartidos.

Dicho en otros términos, no existe una composición ni formas universales de gobernanza, sino que éstas responden a una situación para la cual se articula y el tipo de problemas de que se hará cargo. De allí que plan y gobernanza constituyen dos caras de una misma moneda, dos caras de una relación estrecha en que, esta vez de un modo colectivo, se genera el gobierno de una situación con fronteras definidas.

De allí que el trabajo de construcción de una gobernanza dialogue permanentemente con el proceso de construcción de un plan para una cuenca, en que las definiciones de problemas del plan constituirán la base de definición de la gobernanza.

Sin embargo, y como se refleja en las bases de la presente propuesta, las dimensiones de planificación y gobernanza plantean un desafío adicional a la gobernanza al exigir que ésta sea capaz de monitorear y supervisar la ejecución de las iniciativas contenidas en el plan y, al mismo tiempo, contar con herramientas técnicas que les permitan actualizar el plan abordando los nuevos problemas que emerjan.

Ello pone exigencias a la gobernanza, tanto en su organización como en su sostenibilidad, las que son abordadas a lo largo del presente estudio y en los talleres.

5 DIAGNÓSTICO

De acuerdo con lo solicitado en los Términos de Referencia, el diagnóstico incluye una serie de aspectos relativos al recurso hídrico en la cuenca, los cuales se tratan a continuación:

- Disponibilidad de recursos hídricos superficiales y subterráneos, a nivel de cuenca y subcuenca
- Derechos de agua
- Uso del suelo, tipos de cultivos, cambios de uso del suelo
- Calidad de aguas, procesos y fuentes de contaminación
- Situación ambiental de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos
- Infraestructura de aprovechamiento y regulación
- Eventos hidrometeorológicos extremos y manejo de cauces
- Servicios de agua potable urbana y rural
- Gestión, institucionalidad y organizaciones de usuarios
- Actores y usuarios, participación, conflictos
- Planes existentes para la cuenca

El diagnóstico se ha completado con la información sistematizada que se encuentra en el modelo WEAP.

5.1 DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEOS A NIVEL DE CUENCA

Por disponibilidad es práctico entender la combinación de:

- La oferta de agua, representada por la precipitación (escorrentía) y los almacenamientos de la cuenca (embalses, lagos, glaciares, acuíferos), que, si bien se alimentan de las precipitaciones, aportan una capacidad de regulación
- La demanda de agua, representada por los diferentes usos, a partir de los cuales se podrá distinguir usos consuntivos y usos no consuntivos
- El balance entre ambos.

A partir de la exhaustiva recopilación de la información existente en la cuenca (Capítulo 2) y su incorporación en la herramienta de modelación, el modelo WEAP propuesto en el presente estudio como herramienta del PGIRH permitió generar una completa caracterización de la disponibilidad de los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, tanto a nivel de cuenca como de subcuenca.

5.1.1 Oferta

La oferta de la cuenca del Choapa se ha modelado con los programas WEAP y MPL en el presente estudio, y tiene fundamentalmente tres fuentes:

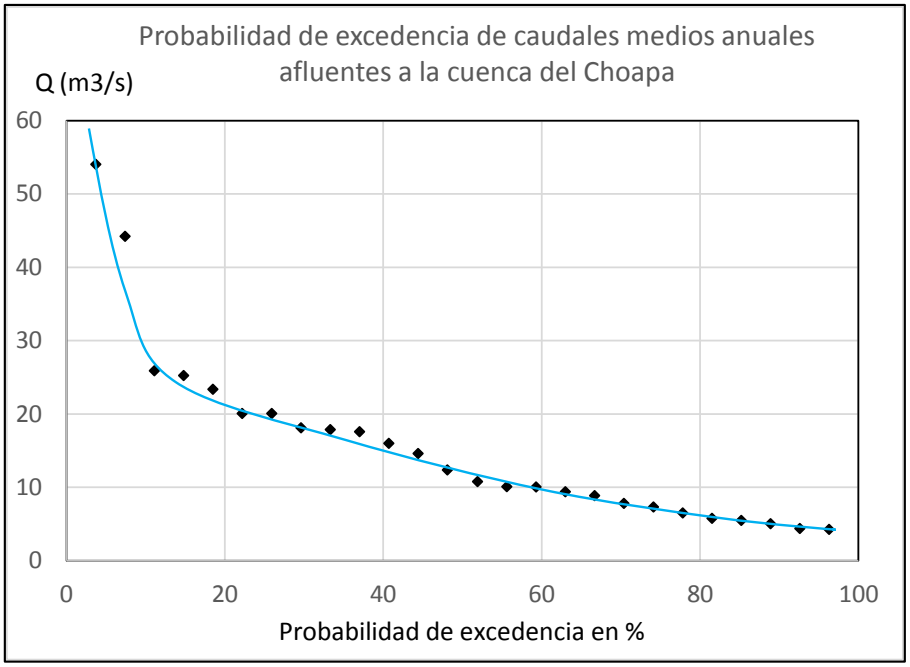
a) Las precipitaciones, que generan los caudales a la entrada de cabecera (WEAP) y de todas las subcuencas aportantes (MPL).

Para el total de la cuenca, los aportes de caudal muestran el régimen de frecuencia de la Tabla 5.1-1 y Figura 5.1-1 adjunta.

Tabla 5.1-1 Régimen de caudales afluentes a la cuenca del Choapa

Prob. de excedencia %	Caudal m3/s
3.7	54.05
7.4	44.22
11.1	25.92
14.8	25.26
18.5	23.36
22.2	20.09
25.9	20.06
29.6	18.12
33.3	17.86
37.0	17.58
40.7	16.02
44.4	14.63
48.1	12.37
51.9	10.8
55.6	10.08
59.3	10.04
63.0	9.39
66.7	8.88
70.4	7.83
74.1	7.31
77.8	6.5
81.5	5.76
85.2	5.5
88.9	5.06
92.6	4.38
96.3	4.28

Figura 5.1-1 Régimen de caudales afluentes a la cuenca del Choapa



Según se puede apreciar en este análisis, la cuenca ha contado con un caudal 50%, de 11,6 m3/s, y un caudal 85% de 5,5 m3/s, de acuerdo con la estadística de los últimos 26 años.

De acuerdo con los resultados del presente estudio, la oferta histórica se puede expresar de la forma que se muestra en la Tabla 5.1-2.

Tabla 5.1-2 Oferta a nivel de cuenca: hidrológica y de captación

Caudal oferta	**m3/s**
Oferta año 85% (1996) (cuenca)	5.504
Oferta año 85% (1996) (captado canales)	12.672
Oferta año 85% (1996) (captado pozos)	0.678
Oferta año 85% (1996) (captado canales+pozos)	13.349
Oferta año 50% (2008) (cuenca)	10.795
Oferta año 50% (2008) (captado canales)	17.638
Oferta año 50% (2008) (captado pozos)	0.662
Oferta año 50% (2008) (captado canales+pozos)	18.300

Esta tabla permite entender claramente el grado de reúso que se hace del recurso hídrico en la cuenca, que es posible debido a las ineficiencias de riego y conducción. El caudal captado por canales y pozos, de 18,3 m3/s en un año 50%, y de 13,3 m3/s captados en un año 85%, muestra el importante grado de reúso que existe en la cuenca, de 1,6 veces en años normales y de 2,4 veces en años secos.

Por otro lado, es necesario dejar claro que en la oferta, según se modeló en WEAP, no está considerado el río Cuncumén completo, sino que sólo lo que la Minera Los Pelambres deja pasar hacia aguas abajo. Este caudal se compone de dos partes: el que está registrado en la estación Cuncumén antes del río Choapa de la DGA, y el que la minera entrega en forma directa al canal Aletón, cuya bocatoma se encuentra dentro de sus terrenos.

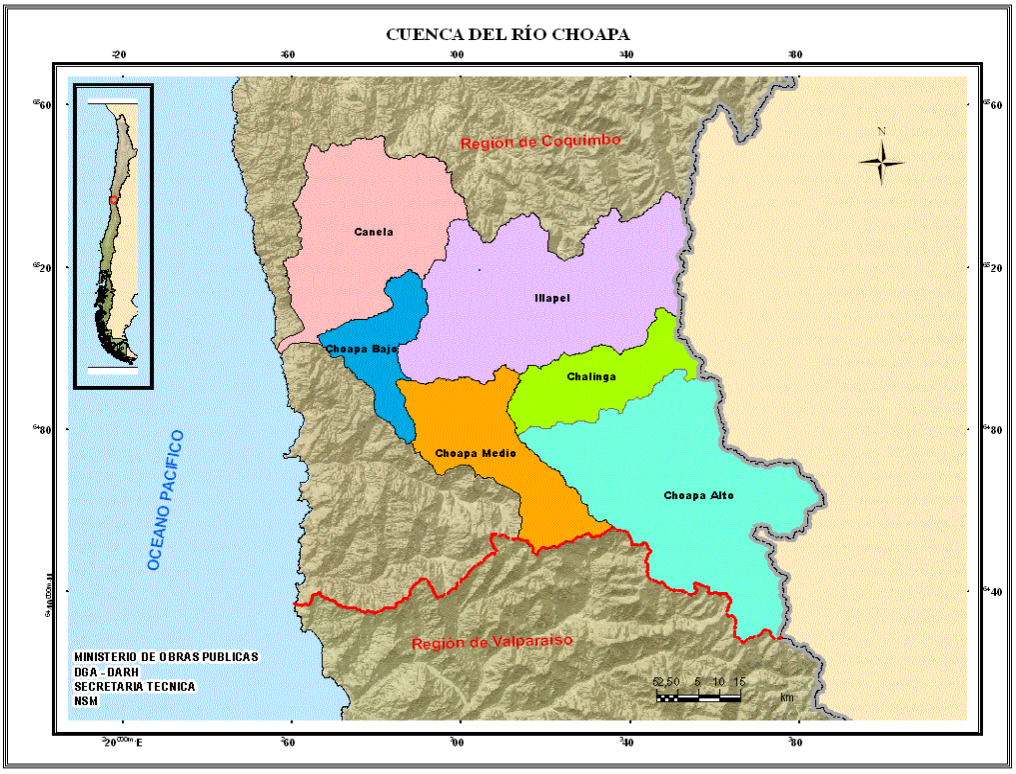
b) Volúmenes embalsados en los acuíferos

Esta variable se evalúa en función de los sectores que ha definido la DGA, llamados sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común, que son los siguientes, según se aprecia en la Figura 5.1-2 adjunta.

Si bien esta componente de la oferta es menos conocida que la de caudales superficiales, hay algunos estudios que permiten hacer una estimación de los caudales disponibles en los acuíferos.

El Estudio Hidrogeológico de la cuenca del Choapa, realizado por Hidrogestión para CORFO el año 2016, ha permitido estimar un volumen asociado a cada sector modelado, según la caracterización del basamento rocoso de la Figura 5.1-3 adjunta. El volumen total se estimó preliminarmente en unos 400 millones de m3, siendo el más importante el de Huentelauquén. En la Figura 5.1-4 se muestran los acuíferos modelados con WEAP.

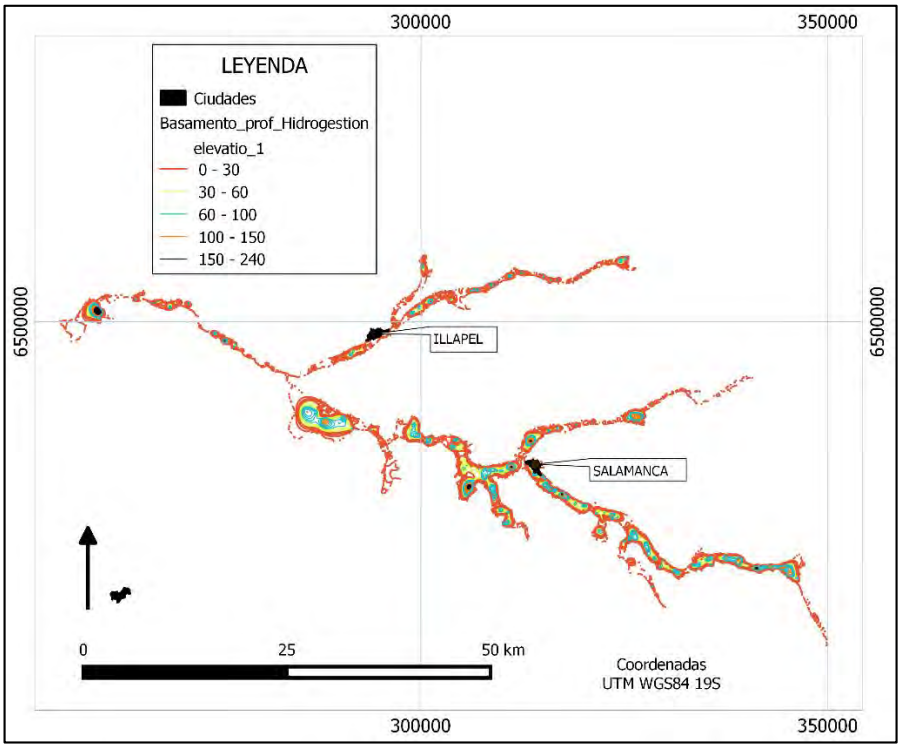
Figura 5.1-2 Sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común SHAC



Fuente: IT 220, 18 mayo 2009, DGA

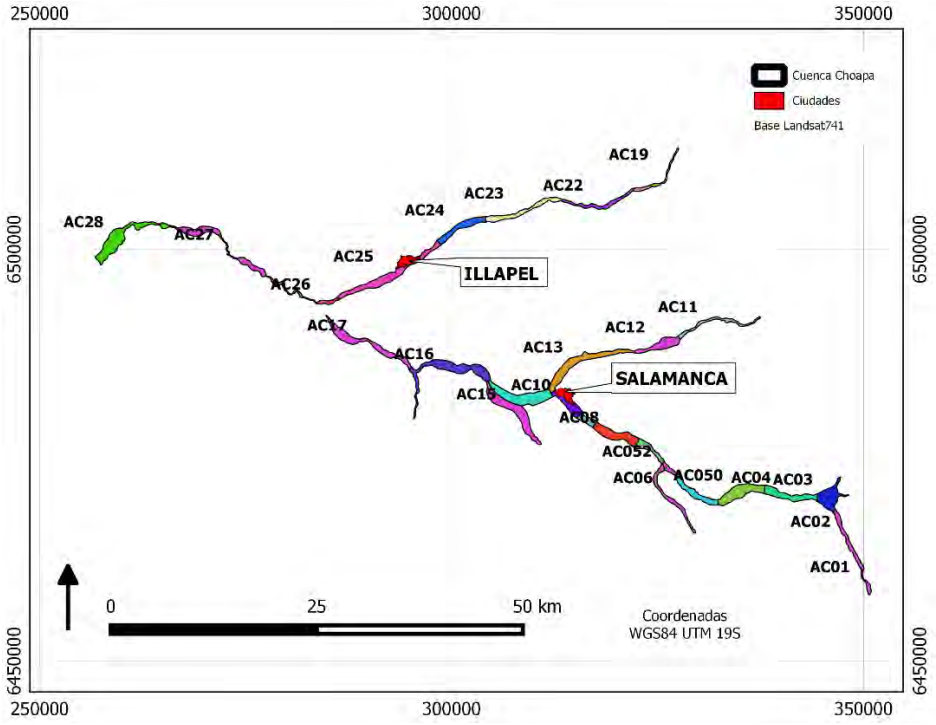
Nota: La configuración de SHAC fue corregida posteriormente, agregando la desembocadura del río Choapa al sector Choapa Bajo. En la figura pertenece al sector de Canela.

Figura 5.1-3 Profundidad del basamento estudio CORFO



Fuente: CORFO-Hidrogestión 2015

Figura 5.1-4 Acuíferos definidos en el presente estudio para el modelo WEAP



Por otro lado, la DGA tiene una estimación de los volúmenes máximos que se pueden constituir como derechos en estos acuíferos, que no están relacionados con el volumen almacenado, sino que están basados en el volumen de infiltración desde un caudal superficial, tomando como caudal superficial el caudal medio del año 85%, y calculando la infiltración como el 10% de ese caudal, Este sería el volumen disponible para derechos en el acuífero subyacente.

De esta forma, la DGA ha establecido los siguientes volúmenes máximos de explotación, que se muestran en la Tabla 5.1-3 adjunta.

Tabla 5.1-3 Volúmenes de acuíferos para constitución de derechos

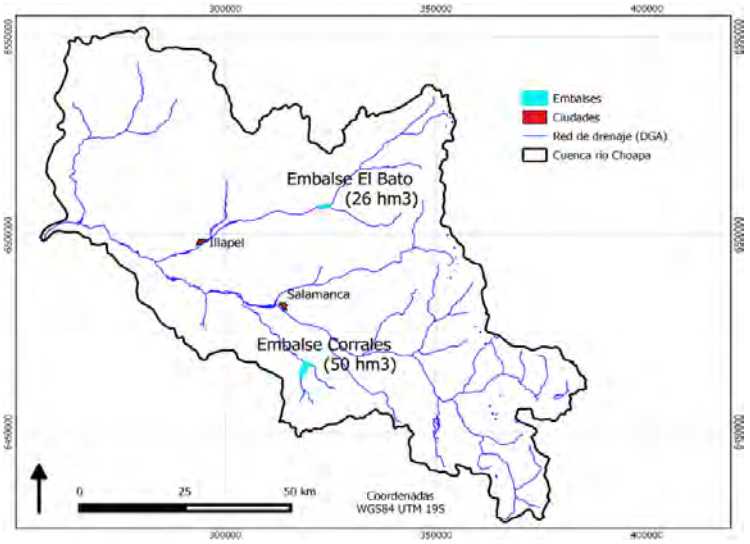
Sistema hidrogeológico de aprovechamiento común	Caudal superficial medio anual 85%	Oferta volumen subterráneo sustentable	Oferta volumen subterráneo sustentable	Volumen disponible para otorgar	Derechos comprometidos a 2011	Derechos por otorgar (provisionales)
	l/s	l/s	m3/año	m3/año	m3/año	m3/año
Choapa Alto	2300	230	7.253.280	14.506.560	31725191	0
Chalinga	140	14	441.504	883.008	1514389	0
Choapa Medio	3120	312	9.839.232	19.678.464	8822639	10.855.825
Illapel	430	43	1.356.048	2.712.096	16889331	0
Canela	300	30	946.080	1.892.160	2331459	0
Choapa Bajo	3200	320	10.091.520	20.183.040	25672068	0
TOTAL		**949**	**29.927.664**	**59.855.328**	**86955077**	**10.855.825**

Fuente: IT DARH Nº 351, 6 Dic 2012

c) Embalses

Una tercera fuente de recursos hídricos son los embalses artificiales, de los cuales en la cuenca hay dos, que totalizan un volumen de 76 millones de m3, como se aprecia en la Figura 5.1-5 adjunta.

Figura 5.1-5 Volumen de almacenamiento máximo de embalses superficiales



5.1.2 Demanda

Por otro lado, la demanda está constituida por los siguientes usos y consumos a nivel de la cuenca completa:

a) Demanda agrícola

En la cuenca del Choapa hay 17.015 cultivadas con riego, distribuidas según se aprecia en la Figura 5.1-5 adjunta. Ellas totalizan una demanda de 4.730 l/s a nivel raíz (demanda consuntiva o evapotranspirativa), y 11.373 l/s a nivel de bocatoma (demanda al río), como promedio anual.

De ellas, hay 2.914 ha catastradas como frutales por CIREN (2011), y 14.101 ha no catastradas, que corresponden a cultivos anuales y cultivos frutales industriales.

A partir del estudio de CAZALAC/RODHOS 2006, actualizado, se puede distinguir 5.544 ha de cultivos frutales totales, y 11.471 cultivos anuales.

De acuerdo con los registros de CIREN 2011, se pudo establecer que 3959 ha (23%) están tecnificadas, mientras que el resto no lo está. Entre los cultivos con riego no tecnificado, se distingue 4.514 ha de riego por surco y 8.542 ha con riego por tendido.

A modo referencial, se presenta la Tabla 5.1-4, que se obtuvo del VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal, Odepa, INE, 2007. Respecto de la superficie regada a nivel regional, se estima en aproximadamente 75.818,5 ha, de las cuales la provincia de Elqui presenta 18.199,3 ha, la provincia de Limarí 44.109,4 ha, y finalmente la provincia de Choapa con 13.509,8 ha. Como se ha señalado arriba, estas cifras fueron exhaustivamente analizadas, precisadas y actualizadas en los estudios de modelación RODHOS-CRDP 2014 y ULS-CRDP 2016.

Si nos referimos al sistema de riego en el caso de la provincia de Choapa, es posible observar en la Tabla 5.1-4, que los sistemas de riego más utilizados son los gravitacionales, predominando el sistema por tendido con 6.798,3 ha, y por surco con 3.591,8 ha. Sin embargo, como se ha podido constatar en los estudios de modelación anteriormente señalados, en 2013 ya había un 23% del área agrícola tecnificada. En las cuencas de Elqui y Limarí, el porcentaje de tecnificación es mucho mayor, llegando a un 45% en la cuenca del Elqui y a unos 35% en la cuenca del Limarí.

Aunque las cifras de tecnificación pueden llamar la atención por ser bajas en un área de gran aridez, ellas muestran, en el caso del Elqui, que bajo el embalse Puclaro hay muchas chacras que no se han tecnificado, o están en vías de hacerlo. Esta aparente ineficiencia de uso a nivel local, sin embargo, permite el reúso de las aguas hacia aguas abajo, y llevan a una eficiencia global de uso bastante más alta En el caso del Limarí, reflejan el hecho de que aproximadamente la mitad del área de mantiene con cultivos anuales, que sólo se implantan cuando hay recurso hídrico disponible. Estas áreas no se tecnifican. En el caso del Choapa, el bajo grado de tecnificación está directamente relacionado con la falta de recursos de los agricultores, pequeños en su gran mayoría, beneficiarios de la reforma agraria, que por varias décadas no tuvieron los medios ni el apoyo para invertir y mejorar sus sistemas de riego (GORE - CAZALAC/RODHOS 2006, CNR − Ingendesa, 1995).

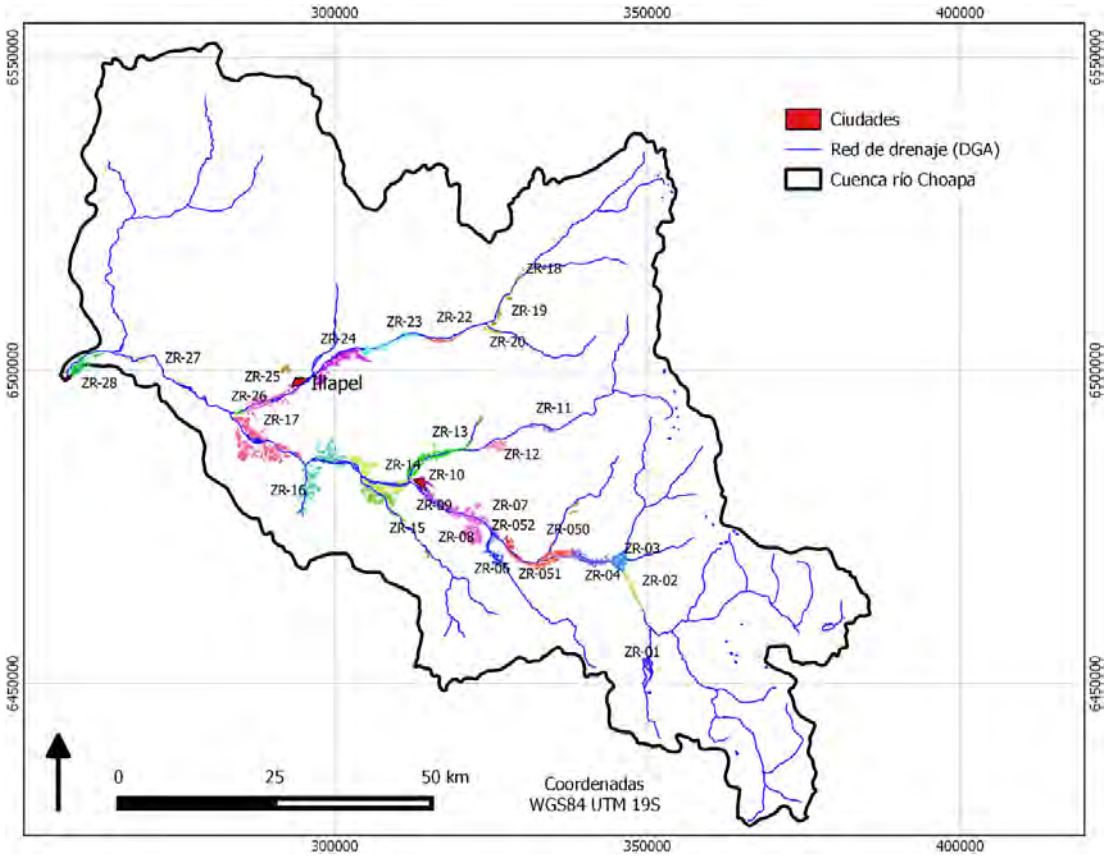
Tabla 5.1-4 Información de tipo de riego (ha)

Sistema de Riego	Limarí	Elqui	Choapa	Total Región
Por tendido	11.691,60	1.100,40	6.798,30	19.590,30
Por surco	7.778,40	6.793,50	3.591,80	18.163,70
Otro tradicional	389,1	287,1	111,2	787,4
Por aspersión tradicional	93,2	127,7	52,1	273,1
Por carrete o pivote	400	434,2	63,7	897,9
Por goteo o cinta	23.271,50	9.288,00	2.448,90	35.008,50
Micro aspersión y microjet	485,6	168,3	443,9	1.097,70

Fuente: ODEPA – INE 2007

La Sociedad Agrícola del Norte (SAN), presentó un informe en enero de 2015, el cual reveló que debido a la grave sequía atravesada en los últimos años, en el año 2015, en la provincia del Limarí, 51 mil de sus 71 mil hectáreas no recibieron agua. En cuanto al valle del Elqui, el 41% de las 27 mil hectáreas se dejaron de regar, mientras que en Choapa, el 45% de las 23 mil hectáreas potenciales de riego. El Plan GIRH deberá incorporar medidas para mitigar esta situación en el futuro. En la Figura 5.1-6 se muestra la ubicación de las zonas de riego modeladas con WEAP en el presente estudio.

Figura 5.1-6 Ubicación demanda agrícola: zonas de riego modeladas



Nota: Las zonas de riego fueron modeladas originalmente en el estudio CRDP-RODHOS 2014, revisadas y validadas en el estudio CRDP-ULS 2016 y nuevamente revisadas y validadas en el presente estudio.

b) Demanda de agua potable

En cuanto al uso humano del agua, los sistemas de agua potable urbana corresponden a Illapel, Salamanca, Canela Alta y Canela Baja. Todas las demás localidades se surten con agua potable rural.

El agua potable urbana es provista por la empresa Aguas del Valle S.A. Las fuentes hídricas para la ciudad de Illapel son diversas, provienen del acuífero Illapel, Cuzcuz y del canal Potrero. Salamanca obtiene el agua desde el acuífero Choapa, mientras que Canela Alta y Baja lo hacen desde el acuífero del estero Canela. Existen plantas de tratamiento de aguas residuales en todos los centros urbanos de todas las comunas.

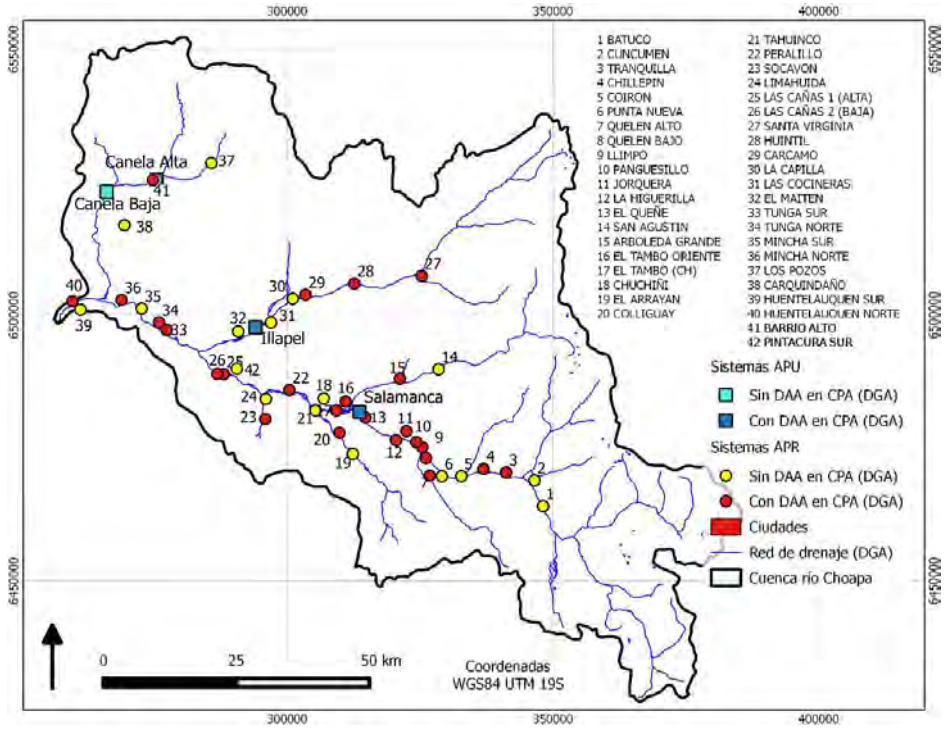
El agua potable urbana cuenta hoy con derechos por 208 l/s, pero la extracción en bocatoma se estima en 110 l/s, y el uso consuntivo, en unos 73 l/s.

Por otro lado, la demanda por agua potable rural proviene de 34 sistemas, y se refleja hoy en derechos por 218,7 l/s, con una demanda total consuntiva de unos 35 l/s.

De esto, resulta un uso consuntivo de agua potable, de unos 110 l/s, mientras que la demanda total de extracción sería de unos 145 l/s. Conforme a lo indicado por Agraria (2009), un poco más del 70% de los hogares rurales de la cuenca de Choapa poseen agua potable.

En la siguiente Figura 5.1-7 se ha señalado la ubicación de la demanda de agua potable, urbana (en azul) y rural (en rojo).

Figura 5.1-7 Ubicación de la demanda de agua potable urbana y rural cuenca Choapa



Nota: Las localidades de APR son las identificadas en el estudio CRDP-CAZALAC 2016. Los derechos de agua asociados a ellas provienen de la consulta al CPA de la DGA, de abril 2017.

c) Demanda minera

El Atlas de Faenas Mineras de SERNAGEOMIN, publicado en 2011, señala que habría 369 faenas mineras en la provincia de Choapa. En la cuenca del Choapa, las mineras formalmente tienen derechos por 1.241 l/s. Esta demanda incluye 400 l/s superficiales del río Choapa que se captan aguas abajo de la estación Cuncumén, 133 l/s subterráneos del acuíferos de Cuncumén, 693 acciones del río Cuncumén y 8 l/s subterráneos en la cuenca de Illapel. Se considera que la demanda es igual a los derechos constituidos.

Hay además, derechos subterráneos por 560 l/s que figuran a nombre de MLP, pero que sólo operan en calidad de restitución para el riego. Estos derechos se entregaron condicionados, y tienen el objetivo de compensar la extracción de 400 l/s desde el río Choapa, cuando el recurso superficial remanente se considere deficitario para el uso de riego (detalle en Resolución DGA Nº 194 del 24 de mayo de 1989).

Es necesario señalar que en el modelo WEAP no está representada la demanda de 693 acciones de MLP en el río Cuncumén. En el modelo WEAP entran desde el río Cuncumén al sistema Choapa sólo los excedentes de la minera. La demanda está descontada directamente de la oferta, y no vuelve a aparecer en la modelación como demanda.

d) Demanda industrial

Se obtuvo en base a los derechos del CPA, no asignables a otros usos. Es muy reducida, llegando a 7 l/s, ubicados en Salamanca, Illapel y CuzCuz.

La demanda total, modelada con WEAP en el presente estudio, se puede apreciar en la siguiente Tabla 5.1-5, donde se distingue entre demanda consuntiva y demanda a nivel de bocatoma, para todos los usos. Se muestran los promedios del período de modelación.

Tabla 5.1-5 Demanda consuntiva y en bocatoma, por uso, en promedio, en m3/s

Demanda consuntiva		**Demanda en bocatoma**	
Demanda agrícola nivel raíz (Catchments)	4.738	Demanda agrícola en BT	11.373
Demanda APR	0.031	Demanda APR	0.031
Demanda APU	0.056	Demanda APU en BT	0.121
Demanda Industria	0.008	Demanda Industria	0.008
Demanda Minería*	0.541	Demanda Minería	0.541
Demanda Vegetación de cauce	0.380	Demanda Vegetación de cauce	0.380
Evaporación desde Embalses (2016)	0.096	Evaporación desde Embalses (2016)	0.096
Demanda consuntiva TOTAL	**5.850**	**Demanda en bocatoma TOTAL**	**12.550**

* No incluye la demanda minera de 693 acciones en el río Cuncumén. La demanda de MLP se inicia el año 1999.

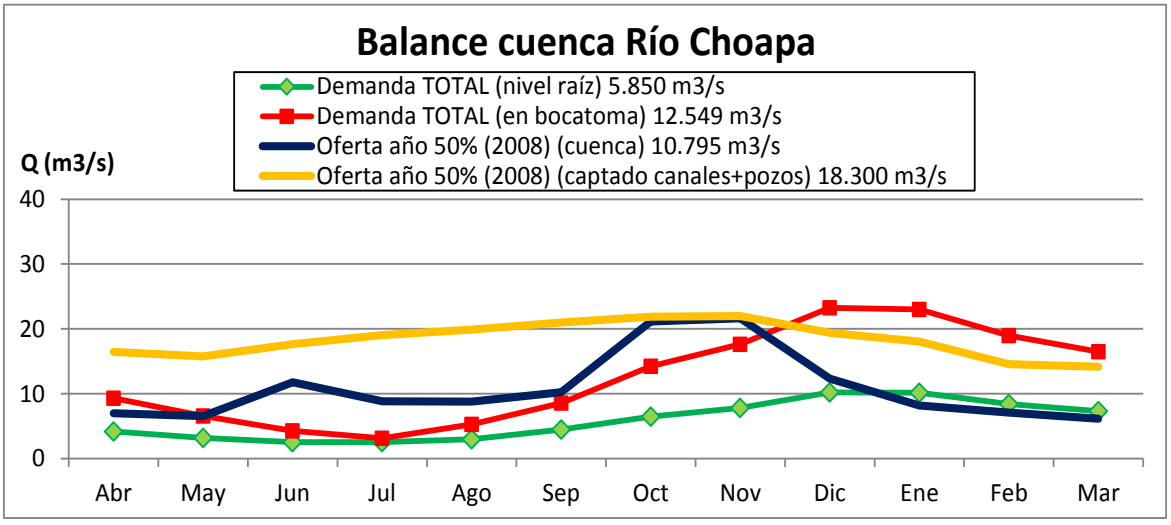
Los detalles de la oferta y demanda se presentan a nivel mensual, en el archivo Balance_mensual_por_subcuenca.xlsx, del Anexo Capítulo 5.1.

5.1.3 Balance

El balance se puede entender a partir de las siguientes Figuras 5.1-8 y 5.1-9, que muestran las curvas mensuales de oferta 50% y 85%, y las curvas mensuales de demanda consuntiva y demanda en bocatoma, a nivel de cuenca.

Todas las figuras de balance están construidas a partir de la información generada a partir del modelo WEAP, escenario histórico o de calibnración. En dichas figuras, los años señalados son representativos de la probabilidad de excedencia que se está ilustrando.

Figura 5.1-8 Balance entre oferta 50% y demanda a nivel de cuenca



Lo que muestra la Figura 5.1-8, es que la oferta natural por un lado, y por otro lado la oferta expresada en caudal entregado a canales + bombeo desde pozos, difieren, siendo superior la oferta entregada en canales que la oferta natural. Esto se debe a la superposición de dos causas: la regulación, mediante el embalse Corrales, y el reúso de los derrames.

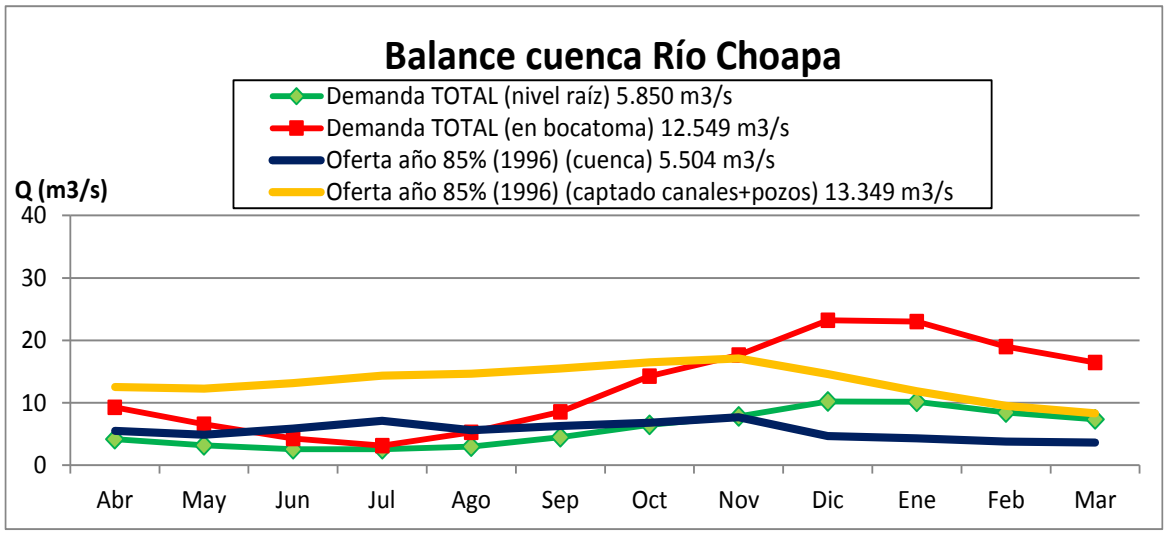
La oferta en canales del año 50%, prácticamente cubre la demanda total, con todas sus grandes ineficiencias, incluso en los meses más críticos de enero, febrero y marzo.

Finalmente, se desprende en forma muy clara que en la cuenca es muy baja la eficiencia de riego, por la gran diferencia entre las curvas de demanda a nivel raíz y nivel bocatoma.

En la Figura 5.1-9, que compara la demanda total con la oferta de un año 85%, se aprecia que la oferta natural 85%, en los meses de estiaje, es levemente menor que lo que se requiere como demanda a nivel raíz, pero en invierno es levemente mayor. Esto significa que la oferta natural, si fuera regulada, sería capaz de cubrir la demanda neta o consuntiva, a nivel de cuenca. No sería capaz de cubrir las ineficiencias.

Por otro lado, la oferta captada por canales y pozos en un año 85%, es mayor a la oferta natural, debido al efecto del embalse y del reúso de derrames y percolaciones.

Figura 5.1-9 Balance entre oferta 85% y demanda a nivel de cuenca



El balance se puede revisar a nivel mensual, en el archivo Balance_mensual_cuenca_y_subcuencas.xlsx del Anexo Capítulo 5.1.

5.2 DISPONIBILIDAD A NIVEL DE SUBCUENCA

Para el análisis de oferta, demanda y balance a nivel de subcuenca, se han definido las siguientes subcuencas:

- Choapa Alto hasta Chalinga (cabecera)
- Chalinga (cabecera)
- Choapa entre Chalinga e Illapel (intermedia)
- Illapel (cabecera)
- Choapa entre Illapel y desembocadura (intermedia)
- Canela (cabecera)

A respecto, cabe señalar que las subcuencas Chalinga, Illapel y Canela son cabeceras que no tributan al río Choapa, lo que significa que disponen del total de los recursos que generan para ser consumidos dentro de la cuenca. No es el caso de la cabecera del Choapa, cuyos recursos generados alimentan no sólo el sector Choapa Alto, sino que también todos los demás sectores del río Choapa hasta la desembocadura.

Por esa razón, la oferta de estos sectores no es el aporte natural de la cuenca, sino lo que logran captar a través de todos sus canales más lo que obtienen desde los pozos.

A continuación se presenta, para cada subcuenca, la figura de balance mensual, con la demanda mensual a nivel raíz y a nivel de bocatoma, y la oferta 50% y 85% en cada caso.

El detalle de la oferta, demanda y balance mensual se presenta en el mismo archivo Balance_mensual_por_subcuenca.xlsx del Anexo Capítulo 5.1.

Las Figuras 5.2-1 y 5.2-2 muestran la situación de la cuenca del Choapa Alto.

Figura 5.2-1 Balance 50% Choapa Alto

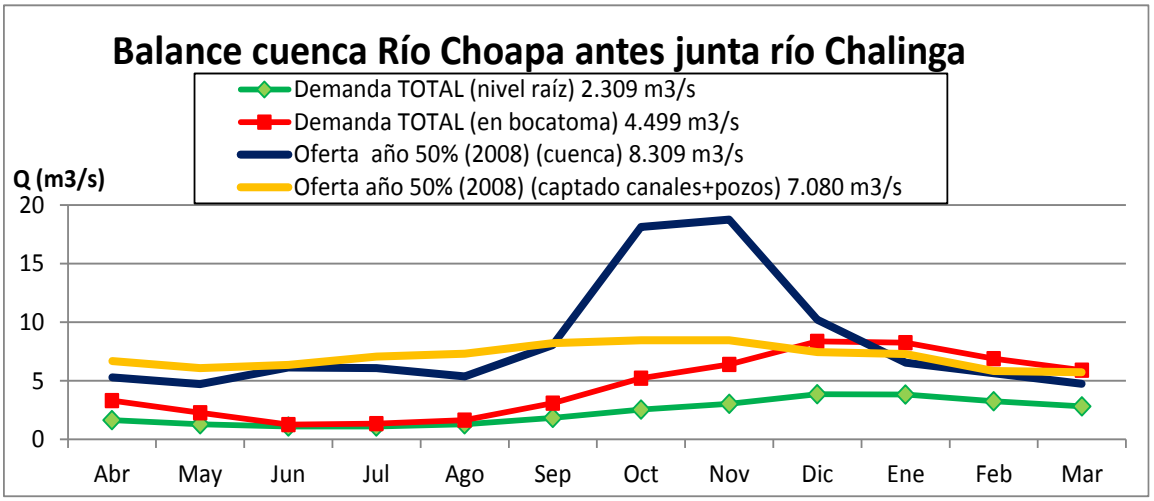
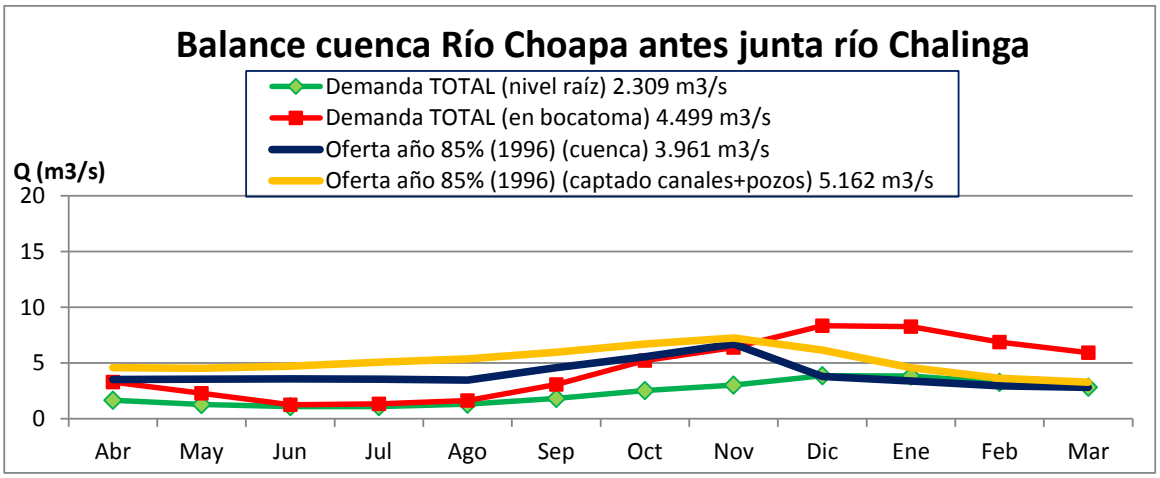


Figura 5.2-2 Balance 85% subcuenca Choapa Alto



En la Figura 5.2-1 se aprecia la situación 50%. En este caso, la oferta sí cubre la demanda a nivel raíz, en todos los meses del año. También cubre la demanda total, salvo en los meses de enero a marzo. La captación de canales y pozos no requiere captar toda la oferta natural.

En la Figura 5.2-2 se observa que la oferta 85% de la subcuenca no alcanza a cubrir completamente la demanda nivel raíz. Sin embargo, lo captado mediante canales y pozos permite cubrir la demanda a nivel raíz en los meses críticos del año. La demanda total no puede ser suplida gran parte del año. Se requiere aumentar la eficiencia.

Las Figuras 5.2-3 y 5.2-4 muestran la situación de la subcuenca de Chalinga. En la Figura 5.2-3 se aprecia que la demanda total no tiene posibilidad de ser cubierta ni siquiera por la oferta 50%. En los meses de estiaje, la oferta 50% cubre solamente la demanda a nivel raíz.

Se observa también que la capacidad de captación de los canales y pozos es suficiente para cubrir la demanda a nivel raíz durante el estiaje, y la supera, pero no llega a cubrir la demanda total. Se requiere mejoras en tecnificación y eficiencia de conducción.

Figura 5.2-3 Balance subcuenca Chalinga oferta 50%

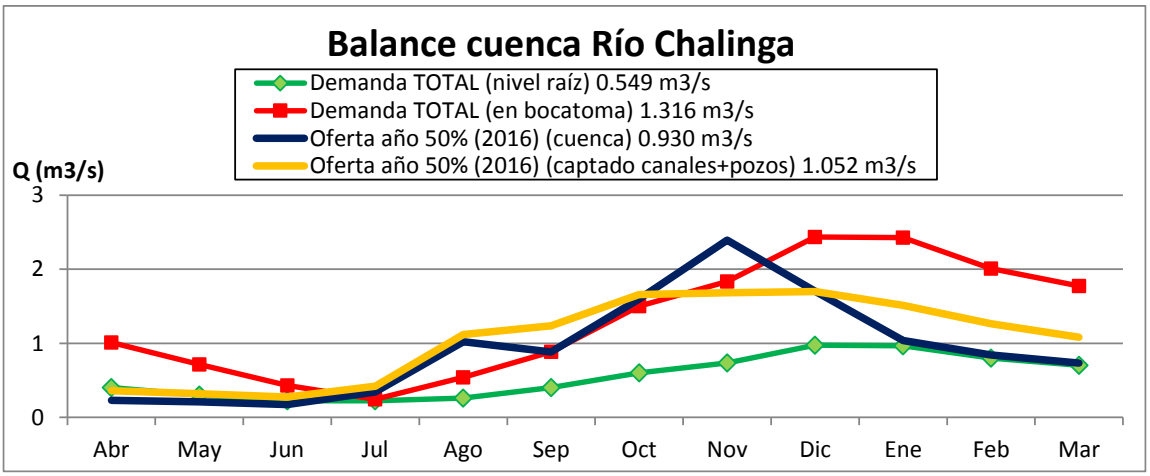
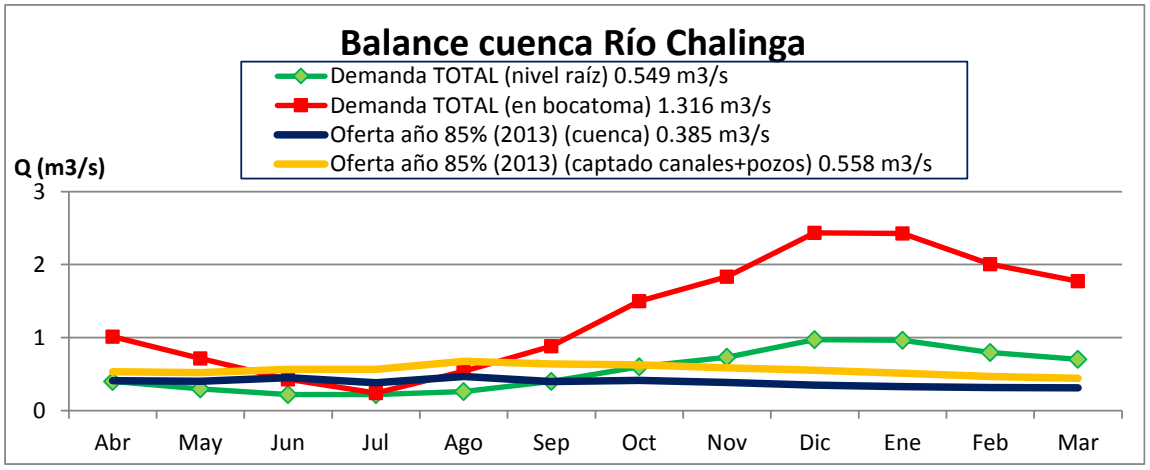


Figura 5.2-4 Balance subcuenca Chalinga oferta 85%

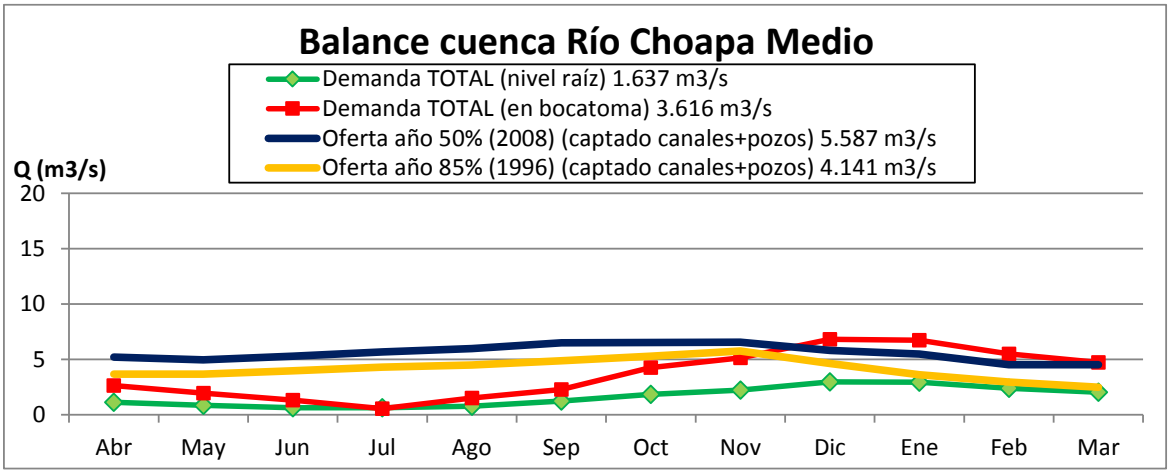


En la Figura 5.2-4 se observa muy claramente que la demanda neta supera la oferta 85% de la cuenca. Sin embargo, debido a que la oferta de canales y pozos es levemente superior a la oferta de la subcuenca, se puede inferir algún grado de reúso y aporte de almacenamiento en la condición 85%.

Se aprecia que un embalse podría ayudar a regular el recurso disponible, pero además se debe tecnificar fuertemente el riego, para evitar el gran aumento de la demanda por ineficiencia.

La Figura 5.2-5 muestra la situación de la subcuenca Choapa Medio, hasta la confluencia con el río Illapel.

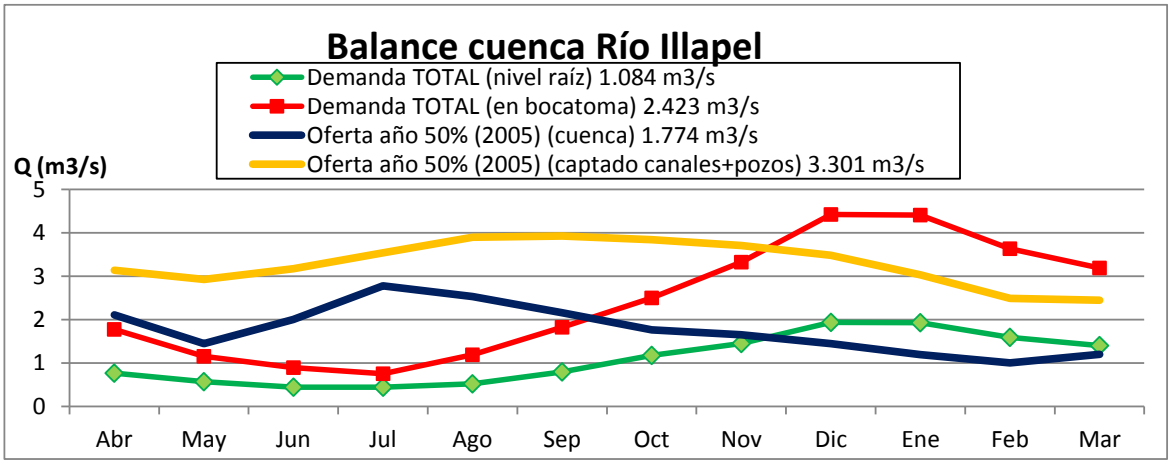
Figura 5.2-5 Balance subcuenca Choapa Medio entre Chalinga e Illapel



Para la situación 50%, se aprecia que los recursos captados por los canales y pozos alcanzan casi a cubrir la demanda total, incluidas las ineficiencias, de esta porción de la cuenca. En la situación 85%, el recurso captado alcanza sólo a cubrir la demanda a nivel raíz. Esto explica el gran incentivo que tuvo la sequía, de hacer que los regantes mejoraran su eficiencia de riego.

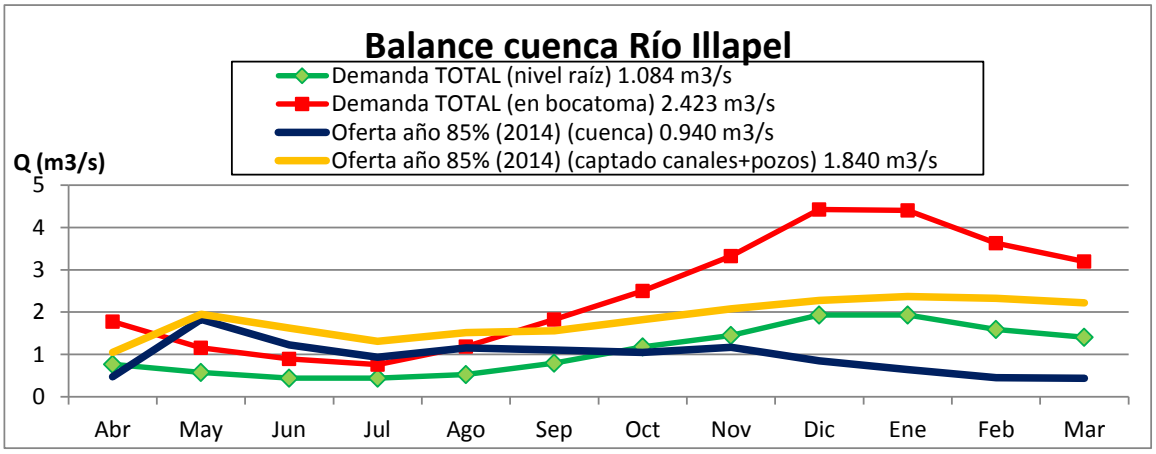
Las Figuras 5.2-6 y 5.2-7 muestran la situación de la subcuenca del Illapel.

Figura 5.2-6 Balance subcuenca Illapel condición 50%



En la situación 50%, se observa que el recurso disponible, directamente, no alcanza a suplir la demanda neta, en los meses de estiaje, pero se producen dos efectos: uno es el aporte para embalsamiento o regulación del exceso del invierno, y el otro es la importancia del reúso. Con estos dos aspectos, el caudal captado por los canales es muy superior al de la oferta hidrológica, cubre la demanda neta e incluso se acerca a la demanda total.

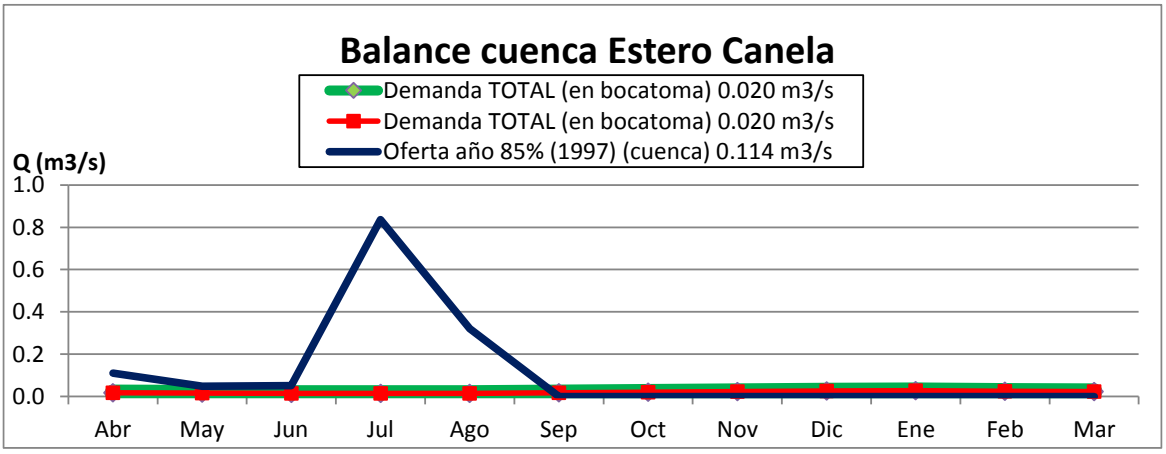
Figura 5.2-7 Balance subcuenca Illapel situación 85%



La situación de oferta 85% muestra que no es posible suplir la demanda total de las 3.200 ha actuales de riego, pero sí es posible acercarse a cubrir la demanda neta. Esto se logra, nuevamente, mediante dos efectos: la regulación del caudal por el embalse El Bato, y el reúso de las ineficiencias a lo largo del cauce.

La Figura 5.2-8 muestra la situación del estero Canela.

Figura 5.2-8 Balance subcuenca Canela



La subcuenca de Canela se encuentra en una situación diferente al resto de la cuenca del Choapa, porque se juntan varios aspectos que la hacen hidrológicamente precaria:

- La escorrentía natural de esta cuenca es muy baja, y sólo esporádica.

- La capacidad de almacenamiento del acuífero, constituido por el relleno del cauce, también es baja, por lo tanto los acuíferos son sólo moderadamente explotables.

- Por lo señalado, la escorrentía, además de escasa y esporádica, es difícilmente almacenable en los acuíferos.

- Finalmente, la cuenca es relativamente grande, y dadas las tecnologías de riego actuales, hay mucho espacio de terreno apto para ser cultivado. Esta realidad realza aún más la escasez del recurso hídrico.

El hecho de ser escasos ambos recursos, tanto el recurso hídrico en sí, como la capacidad de almacenamiento, explica la precariedad hídrica de esta cuenca, donde hay dificultad incluso para explotar el caudal 85%, porque no está disponible. Dado el crecimiento de la demanda agrícola, en esta subcuenca hay déficit de abastecimiento y baja seguridad de riego.

La subcuenca costera de Canela, muy precaria en recursos, no fue modelada en detalle. El caudal promedio de la estadística es de 262 l/s. El caudal 85% es de 108 l/s, y el caudal 50% resulta de 203 l/s. El volumen del acuífero se estimó en 8,5 millones de m3.

Las demandas efectivas de esta subcuenca están constituidas, en primer lugar, por el agua potable urbana de las localidades de Canela Alta y Canela Baja, que en conjunto utilizan consuntivamente un caudal continuo promedio de 10 l/s, y el agua potable rural de Barrio Alto y Los Pozos, con unos 3 l/s en conjunto. Además, hay una demanda de riego, de unas 37 hectáreas cultivadas en condición de sequía, las que podrían duplicarse y hasta triplicarse en condiciones hidrológicas normales. La demanda de riego por lo tanto se estima en unos 15 l/s en sequía, que podrían aumentar a 30 o 40 l/s en años húmedos. Por último, hay que considerar la vegetación freatófita o de cauce, cuya extensión se estima en unas 30 hectáreas que representa un uso consuntivo de unos 10 l/s.

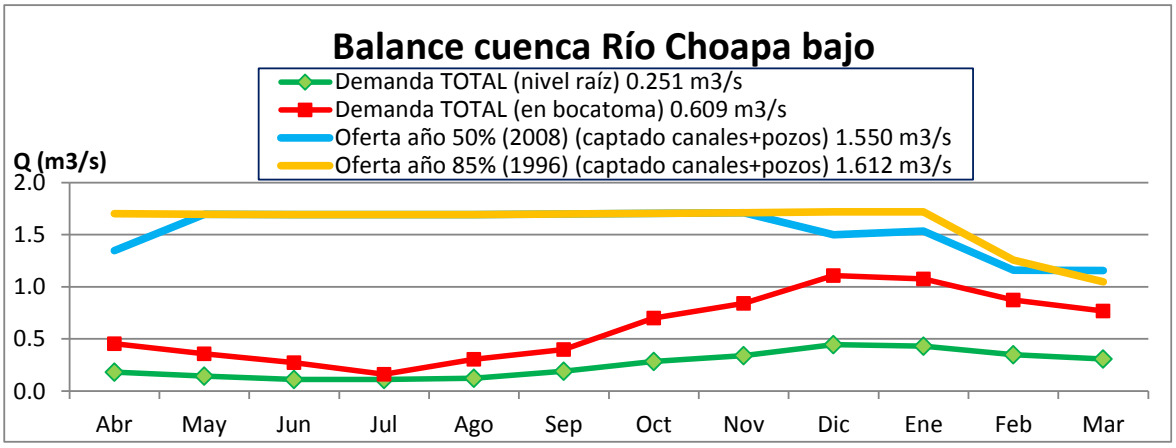
En conjunto, todas las demandas suman los 40 l/s en las condiciones de sequía, pero podrían aumentar hasta unos 55 a 70 l/s en condiciones normales a húmedas. Se observa que las demandas están en el orden de magnitud de la oferta media.

La Figura 5.2-9 presenta la situación del Choapa Bajo.

Lo que se puede apreciar en dicha figura, es que no difieren mucho la oferta del año 50% de la del año 85%, en cuanto a recurso captado. Incluso el año 50% se captaría menos recurso que el año 85%. En ambas condiciones, se cubre la demanda total, siendo el límite para la captación la capacidad de los canales y pozos, y no la disponibilidad del recurso hídrico.

Lo señalado muestra que sólo en años de hidrología extraordinariamente escasa, el Choapa Bajo tendría problemas de abastecimiento de aguas. De hecho, este sector no ha requerido de la atención de la Junta de Vigilancia, más que en los últimos años de extrema y prolongada sequía. En otras condiciones, siempre ha habido recurso disponible para cubrir las necesidades de las zonas identificadas como demandantes de agua.

Figura 5.2-9 Balance subcuenca Choapa Bajo



5.3 DERECHOS DE AGUA

Los derechos de agua que se exponen a continuación, se extrajeron del registro de derechos de aprovechamiento de aguas del CPA de la DGA, en abril de 2017. Al respecto, es necesario señalar que a partir de este listado, no es fácil distinguir el tipo de uso a que se destinan los derechos, ni para qué uso fueron originalmente constituidos. Por esta razón, es necesario complementar esta fuente con otras, para armar el panorama completo de usos y derechos que se modelan con el programa WEAP.

A continuación se señala la forma en que se han caracterizado los derechos a modelar.

5.3.1 Derechos de organizaciones de usuarios de agua

Se revisaron los antecedentes del CPA de la DGA, para precisar los derechos de las tres Juntas de Vigilancia existentes en la cuenca del río Choapa, y asignar las acciones correspondientes a cada canal para la modelación con WEAP. El estero Canela no registra Junta de Vigilancia, pero sí dos organizaciones de usuarios.

La información recopilada para las Juntas de Vigilancia es la siguiente (se complementó con el estudio básico Diagnóstico de la situación legal de las organizaciones de usuarios de agua, regiones IV, V y XIII, CNR).

a) Junta de Vigilancia río Choapa y sus afluentes

Código expediente: NJ-04-03-002

Caudal reconocido por la DGA (según información oficial reciente que se puede consultar por internet): 18.000,18 acciones, de aguas superficiales y corrientes, sin información de l/s, sin información acerca de si son permanentes o eventuales.

Caudal reconocido según escritura: 17.850,84 acciones de aguas superficiales permanentes y 150 acciones superficiales eventuales, equivalentes a la misma cantidad de l/s.

La Junta de Vigilancia no tiene jurisdicción sobre aguas subterráneas. Tampoco tiene jurisdicción sobre derechos no consuntivos, sin embargo muy recientemente (marzo de 2017) ha inscrito y registrado a su nombre, derechos no consuntivos del río Choapa entre Chillepín y río Chalinga, por 15.615,83 l/s, de los cuales 654,17 son permanentes y 14.961,67 son eventuales.

Jurisdicción: La jurisdicción de la Junta comprende en el caso del río Choapa, desde la cordillera de Los Andes en la bocatoma del canal Molino de Peralillo y canales Las Chacras y Molino Choapa hasta su desembocadura en el Océano Pacífico respecto de los ríos Cuncumén y El Valle desde su nacimiento en la cordillera de Los Andes hasta su confluencia con el río Choapa, y en cuanto a los demás esteros y sistemas de quebradas individualizadas en las escrituras públicas señaladas en el párrafo precedente desde su nacimiento en la codillera de Los Andes u otros sectores hasta su confluencia sea con el mismo río Choapa o con los afluentes de éste último.

El Decreto Supremo Nº 738, de fecha 30 de Noviembre de 1995, del Ministerio de Obras Públicas, aprueba la constitución y estatutos de la Junta de Vigilancia del río Choapa y sus afluentes.

Posteriormente, por Resolución Exenta Nº 650, de 8 de Marzo de 1996, de la Dirección General de Aguas, se ordena su anotación en el Registro de Juntas de Vigilancia y se la declara organizada.

Los estatutos constan en las escrituras públicas de fechas 30 de Diciembre de 1994, 12 de Julio de 1995, 9 de Agosto de 1995 y 23 de Octubre de 1995 otorgadas todas en la Notaría de Illapel de doña María Antonieta Niño de Zepeda Parra.

La Junta de Vigilancia se encuentra inscrita a fojas 42 Nº 36 del Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Illapel del año 1996, con 17.850,84 acciones permanentes y 150 acciones eventuales.

b) Junta de Vigilancia río Chalinga y sus afluentes

Código expediente: NJ-0403-001

Caudal reconocido por la DGA (según información oficial reciente que se puede consultar por internet): 2.517,5 acciones de aguas superficiales y corrientes, consuntivas, sin información de l/s, sin información acerca de si son permanentes o eventuales.

Derechos reconocidos según escritura: 2.343,50 acciones superficiales permanentes y consuntivas, y 174 acciones superficiales eventuales.

La Junta de Vigilancia no tiene jurisdicción sobre aguas subterráneas.

Jurisdicción: La jurisdicción de la Junta comprende en el caso del río Chalinga, desde la cordillera de Los Andes hasta la confluencia con el río Choapa, y respecto de las quebradas Cunlagua, Manquehua y Jarillas desde el lugar de su nacimiento en la cordillera hasta su desembocadura en el citado río Chalinga.

El Decreto Supremo Nº 275, de fecha 24 de Mayo de 1995, del Ministerio de Obras Públicas, aprueba la constitución y estatutos de la Junta de Vigilancia del río Chalinga y sus afluentes.

Posteriormente, por Resolución Exenta Nº 1575, de 18 de Julio de 1995, de la Dirección General de Aguas, se ordena su anotación en el Registro de Juntas de Vigilancia y se la declara organizada.

Los estatutos constan en las escrituras públicas de fechas 30 de Diciembre de 1994 y 16 de Marzo de 1995, otorgadas ambas en la Notaría Pública de Illapel de doña María Antonieta Niño de Zepeda Parra.

La Junta de Vigilancia se encuentra inscrita a fojas 91 vta. Nº 84, del Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Illapel del año 1995.

c) Junta de Vigilancia río Illapel y sus afluentes

Código expediente: NJ-0403-003

Caudal reconocido por la DGA (según información oficial reciente que se puede consultar por internet): 4.329,97 acciones de aguas superficiales y corrientes, consuntivos. No hay información de l/s, ni acerca de si se trata de derechos permanentes o eventuales.

Derechos reconocidos en la escritura: 4.329,97 acciones en la fuente, permanentes y consuntivos.

El Decreto Supremo Nº 685, de fecha 22 de Noviembre de 1995, del Ministerio de Obras Públicas, aprueba la constitución y estatutos de la Junta de Vigilancia del río Illapel y sus afluentes.

Posteriormente, por Resolución Exenta Nº 651, de 8 de Marzo de 1996, de la Dirección General de Aguas, se ordena su anotación en el Registro de Juntas de Vigilancia y se la declara organizada.

Los estatutos constan en las escrituras públicas de fechas 30 de Diciembre de 1994, 19 de Junio de 1995, 12 de Julio de 1995 y 23 de Octubre de 1995, otorgadas todas en la Notaría de Illapel de doña María Antonieta Niño de Zepeda Parra.

La jurisdicción de la Junta comprende en el caso del río Illapel desde la cordillera de Los Andes hasta la confluencia con el río Choapa, y respecto de sus afluentes el río Carén, las quebradas Las Burras y Tucumán y demás esteros y vertientes que correspondan desde el lugar de su nacimiento en la cordillera hasta su desembocadura en el citado río Illapel.

La Junta de Vigilancia se encuentra inscrita a fojas 37 vta. Nº 35, del Registro de e Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Illapel del año 1996.

d) Situación del estero Canela

Este estero pertenece a la Junta de Vigilancia del río Choapa, sin embargo en la práctica hay poca relación con ella. Hay dos canales organizados ante la DGA:

- Comunidad de Aguas Canal Molino de Canela Alta

Código DGA: NC-0403-16
Caudal reconocido por la DGA (según información oficial reciente que se puede consultar por internet): 22,89 acciones superficiales, permanentes y consuntivas, equivalentes a 27 l/s.

Caudal registrado según escritura: 22,89 acciones superficiales consuntivas, permanentes y continuas, equivalentes a 27 l/s provenientes del estero Canela.

Se formó como comunidad de aguas en la notaría de Illapel, el 6 de junio de 1989, y quedó registrada en la DGA por Resolución DGA Nº 1676 del 28 de Septiembre de 1989. Está inscrita en el CBR de Illapel, a Fs 146 Nº 86 del Registro de Propiedad de Aguas de 1989.

- Comunidad de Aguas Canal Canela Baja

Código DGA: NC-0403-97

Caudal reconocido por la DGA (según información oficial reciente que se puede consultar por internet): 16,85 acciones superficiales, permanentes y consuntivas, equivalentes a 20 l/s.

Caudal registrado según escritura: 16,85 acciones superficiales consuntivas, permanentes y continuas, sin información de l/s, provenientes del estero Canela.

Se formó como comunidad de aguas en la notaría de Illapel, el 12 de junio de 1989, y quedó registrada en la DGA por Resolución DGA Nº 2028 del 24 de Noviembre de 1989. Está inscrita en el CBR de Illapel, a Fs 510 Nº 180 del Registro de Propiedad de Aguas de 1989.

La estadística general de los derechos de agua reconocidos por la DGA para las organizaciones de usuarios de la cuenca del Choapa, consta en la siguiente Tabla 5.3-1.

Se observa que los derechos administrados por las organizaciones de usuarios son los derechos superficiales y consuntivos, que totalizan 24564,05 acciones permanentes y 324 acciones eventuales. En esta cuenca, 1 acción tiene un caudal asociado de 1 l/s.

Si bien las Juntas no administran derechos subterráneos ni no consuntivos, la Junta de Vigilancia del río Choapa tiene inscritos a su nombre derechos no consuntivos por 15615,83 l/s, de los cuales aún no hace uso.

Tabla 5.3-1 Derechos de agua administrados por organizaciones de usuarios cuenca del río Choapa

Organización	Derechos consuntivos superficiales		Derechos consuntivos subterráneos		Derechos no consuntivos	
	Acciones permanentes	Acciones eventuales	l/s permanentes	l/s eventuales	l/s superficiales	l/s subterráneos
JV Choapa	17850,84	150	0	0	15615,83	0
JV Chalinga	2343,5	174	0	0	0	0
JV Illapel	4329,97	0	0	0	0	0
CA Molino de Canela Alta	22,89	0	0	0	0	0
CA Canela Baja	16,85	0	0	0	0	0
TOTAL	**24564,05**	**324**			**15615,83**	

Fuente: CPA-DGA consulta abril 2017

Los derechos de agua superficiales se representan en el modelo WEAP de la siguiente forma: Cada canal lleva la información de sus acciones (derechos superficiales) respecto del total de acciones, como cuota alícuota que tiene derecho a captar, del caudal total del río a repartir en el tramo correspondiente.

5.3.2 Derechos registrados en el CPA

a) Aspectos generales

Se ha trabajado sobre el listado de derechos superficiales y subterráneos constituidos y registrados en el CPA, para la Región de Coquimbo, usando el registro vigente en abril de 2017. A partir del contenido del CPA, se ha podido obtener la información que se describe a continuación.

A respecto, se puede decir que se registran en el CPA, 11245 derechos a nivel regional, de los cuales 4290 no tienen indicación de coordenadas.

Para la cuenca del Choapa se registran 1737 derechos, de los cuales fue posible ubicar 8 por sus coordenadas geográficas y 1158 por sus coordenadas UTM. De los 1158 + 8 = 1164 derechos con coordenadas, hay 222 que caen fuera de la cuenca, con lo que sólo 942 de estos derechos se encuentran en la cuenca del Choapa.

Los restantes 570 derechos no tienen coordenadas. Sin embargo, 534 de esos derechos son ubicables en base a la descripción del punto de extracción, la gran mayoría de las veces ligado a un canal, con lo cual sólo quedan 36 derechos no ubicables o difícilmente ubicables en base a la descripción.

De lo señalado se desprende entonces, que en el CPA, para la cuenca del Choapa, se encuentran 942 registros (63%) de derechos con coordenadas, 534 derechos (35%) ubicables mediante su descripción y 36 derechos (2%) no ubicables o difícilmente ubicables por su descripción, en total 1512 derechos.

En las coberturas SIG sólo se han incluido los derechos con coordenadas, para lo cual se procedió a corregir y homogeneizar las coordenadas del CPA, y a generar una sola cobertura en coordenadas UTM WGS84 Huso 19S.

La planilla que contiene todo el análisis que se ha realizado, se encuentra en el Anexo Capítulo 5.3.

b) Derechos administrados por las Juntas de Vigilancia, inscritos en el CPA

La información oficial de derechos disponibles en las Juntas de Vigilancia, se encuentra escriturada y registrada en el CPA, específicamente en el registro de las organizaciones de usuarios. Por otro lado, los derechos individuales de los usuarios que se encuentran dentro de la jurisdicción de las juntas de vigilancia, se encuentran inscritos en el registro de derechos de aprovechamiento individuales de la DGA. Es necesario aclarar que todos los derechos superficiales, tanto del río Choapa como Illapel y Chalinga, se encuentran dentro de la jurisdicción de su respectiva Junta de Vigilancia.

En la Tabla 5.3-2 se compara la información del CPA a partir de los dos registros revisados: derechos colectivos de las organizaciones de usuarios y derechos individuales. En esta tabla se puede observar la cantidad de derechos individuales que están inscritos en el CPA, en relación con el total de derechos que tiene registrada cada Junta de Vigilancia en el CPA. Aceptando que las Juntas de Vigilancia registran derechos muy mayoritariamente permanentes, y sólo algunos eventuales, se hizo el ejercicio de distinguir los derechos individuales eventuales de los permanentes, en los registros del CPA. Lo que se aprecia en la Tabla 5.3-2, es que finalmente, de los derechos permanentes pertenecientes a las Juntas de Vigilancia, hay muy pocos derechos inscritos individualmente en el CPA. La mayoría de los derechos consuntivos inscritos son eventuales, y no pertenecen a los regantes, sino que mayoritariamente a la DOH, y también en parte a MLP.

Se observa entonces, que sólo una pequeña parte (6.244 l/s) de los derechos reconocidos por las JV (24.564 l/s) cuentan con una inscripción individual (equivalente a un 25%), lo que resulta coherente con lo señalado por todas las organizaciones visitadas en terreno, acerca de la gran dificultad que tienen muchos títulos vigentes y reconocidos, para ser saneados, inscritos en el CBR y registrados en el CPA. El único caso en que los derechos individuales inscritos superan los derechos colectivos inscritos, es en el caso del estero Canela, lo que se debe a que sólo dos de las comunidades de agua del estero Canela están inscritas en el CPA.

Tabla 5.3-2 Derechos superficiales consuntivos inscritos en el CPA, colectivos e individuales

Organización	Derechos consuntivos superficiales colectivos		Derechos consuntivos superficiales individuales (CPA) registrados en la jurisdicción						
	Derechos permanentes	Derechos eventuales	TOTAL					Derechos eventuales	Derechos permanentes
	Acc.	Acc.	N°	Acc.	l/s	sin un.	TOTAL	TOTAL	TOTAL
JV Choapa	17850,84	150,00	552	2837	10566	271	13675	10108	3567
JV Chalinga	2343,50	174,00	10	0	646	275	921	0	921
JV Illapel	4329,97	0,00	39	94	3910	3	4007	2320	1687
Estero Canela	39,74	0,00	12	0	68	0	68	0	68
TOTAL	**24564,05**	**324,00**	**613**	**2931**	**15191**	**549**	**18671**	**12428**	**6244**

Fuente de datos: CPA-DGA; consulta abril 2017

c) Derechos por tipo

Los derechos ubicados y ubicables se distinguieron por tipo, según si son superficiales consuntivos, superficiales no consuntivos o subterráneos. Para cada tipo de derecho, se indica la forma en que se modeló.

- Superficiales consuntivos. Estos derechos se han modelado a partir del universo completo, que son las Juntas de Vigilancia.
- Superficiales no consuntivos (hay para uso de hidroelectricidad y piscicultura). Estos derechos no se han modelado.
- Subterráneos (todos consuntivos, no hay derechos subterráneos no consuntivos en esta cuenca). Una vez ubicados espacialmente, estos derechos se han asociado a los sectores acuíferos definidos para el modelamiento con el programa WEAP. De este modo, cada acuífero definido en la modelación, lleva como tope de explotación, el caudal de derechos subterráneos constituidos dentro él. Los 560 l/s de MLP se asocian al uso de riego, como pozos de restitución, de acuerdo con la regla de operación expuesta arriba.

Como caso especial de derechos subterráneos hay 560 l/s constituidos a Minera Los Pelambres (ex Anaconda Copper Company), que no son destinados a la minería, sino que al riego. De acuerdo con la resolución que los crea, estos derechos sólo se activan cuando el recurso superficial no logra un umbral mínimo, definido mensualmente en la resolución de adjudicación. No fueron usados nunca hasta el año 2010. Actualmente, la JV mantiene para ellos una regla de operación, que consiste en que MLP debe bombear el caudal que extrae en exceso por sobre el desmarque en su toma de 400 l/s permanente del río Choapa en Cuncumén, castigado en un 20% (multiplicado por 1,2), y devolverlo al río o directamente a algún canal, en el tramo Cuncumén - Salamanca.

A nivel de cuenca completa, y agrupando los derechos por tipo, se observa lo que muestra la Tabla 5.3-3 adjunta.

Tabla 5.3-3 Derechos por tipo registrados en el CPA-DGA en la cuenca del Choapa

Tipo de derecho	Cuenca río Choapa				
	N°	Acc.	l/s	sin un.	total
Superficiales Consuntivos	613	2931,4	15190,59	549,45	18671,5
Subterráneos Consuntivos	867	0,0	2522,36	87,60	2610,0
TOTAL CONSUNTIVOS	**1480**	**2931,4**	**17712,95**	**637,05**	21281,4
Superficiales NO Consuntivos	32	0,0	33985,17	0,00	33985,2

Fuente de datos: CPA-DGA, consulta abril 2017

Lo primero que se aprecia es que la forma de registro no es homogénea. Hay derechos registrados en acciones, otros en l/s, y otros sin unidades de medida. En esta cuenca, por lo que se ha señalado antes, se puede asumir que en todos los casos se trata de litros por segundo.

Considerando que en la cuenca hay 24564,05 acciones o l/s de aguas superficiales consuntivas, registradas en la DGA como pertenecientes a la jurisdicción de alguna Junta de Vigilancia u organización de usuarios, este registro es incompleto, debido a que sólo incluye derechos de aprovechamiento superficiales consuntivos por 18671,5 l/s.

Considerando además, que de estos 18671,5 l/s registrados en el CPA, 12428 l/s son eventuales, y que las Juntas prácticamente no tienen derechos eventuales, se llega a la conclusión de que sólo unos 6244 l/s de los 24564,05 l/s de las JV, están registrados en el CPA, lo que corresponde a un 25%. El restante 75% de los derechos superficiales consuntivos permanentes no estaría registrado en el CPA, lo que resulta coherente, como se dijo antes, con la realidad recabada en terreno a partir de las entrevistas.

También se registran 2610 l/s subterráneos consuntivos en toda la cuenca.

Es notable la gran cantidad de caudal constituido como derecho no consuntivo. 32 derechos poseen un caudal de 33985,2 l/s para uso no consuntivo en la cuenca. Estos usos no están representados en el modelo WEAP, porque aún no se han establecido. No hay centrales hidroeléctricas operando en la cuenca.

Analizando el universo de los derechos de la cuenca del Choapa, organizados esta vez por subcuenca, se puede observar lo que muestra la Tabla 5.3-4.

Tabla 5.3-4 Derechos por tipo registrados en el CPA por subcuenca del río Choapa

Tipo de derecho	**Subcuenca río Choapa Alto**				
	N°	Acc.	l/s	sin un.	total
Superficiales Consuntivos	483	2474,8	3750,01	71,24	6296,1
Subterráneos Consuntivos	119	0,0	1020,04	33,90	1053,9
TOTAL CONSUNTIVOS	602	2474,8	4770,05	105,14	7350,0
Superficiales NO Consuntivos	18	0,0	29375,17	0,00	29375,2

Tipo de derecho	**Subcuenca río Chalinga**				
	N°	Acc.	l/s	sin un.	total
Superficiales Consuntivos	10	0,4	645,88	275,15	921,4
Subterráneos Consuntivos	52	0,0	69,15	0,00	69,2
TOTAL CONSUNTIVOS	62	0,4	715,03	275,15	990,6
Superficiales NO Consuntivos	0	0,0	0,00	0,00	0,0

Tipo de derecho	**Subcuenca río Choapa Medio**				
	N°	Acc.	l/s	sin un.	total
Superficiales Consuntivos	46	30,2	5156,30	0,00	5186,5
Subterráneos Consuntivos	178	0,0	300,76	9,00	309,8
TOTAL CONSUNTIVOS	224	30,2	5457,06	9,00	5496,3
Superficiales NO Consuntivos	3	0,0	2000,00	0,00	2000,0

Tipo de derecho	**Subcuenca río Illapel**				
	N°	Acc.	l/s	sin un.	total
Superficiales Consuntivos	39	93,8	3910,07	3,06	4007,0
Subterráneos Consuntivos	250	0,0	691,30	42,50	733,8
TOTAL CONSUNTIVOS	289	93,8	4601,37	45,56	4740,8
Superficiales NO Consuntivos	11	0,0	2610,00	0,00	2610,0

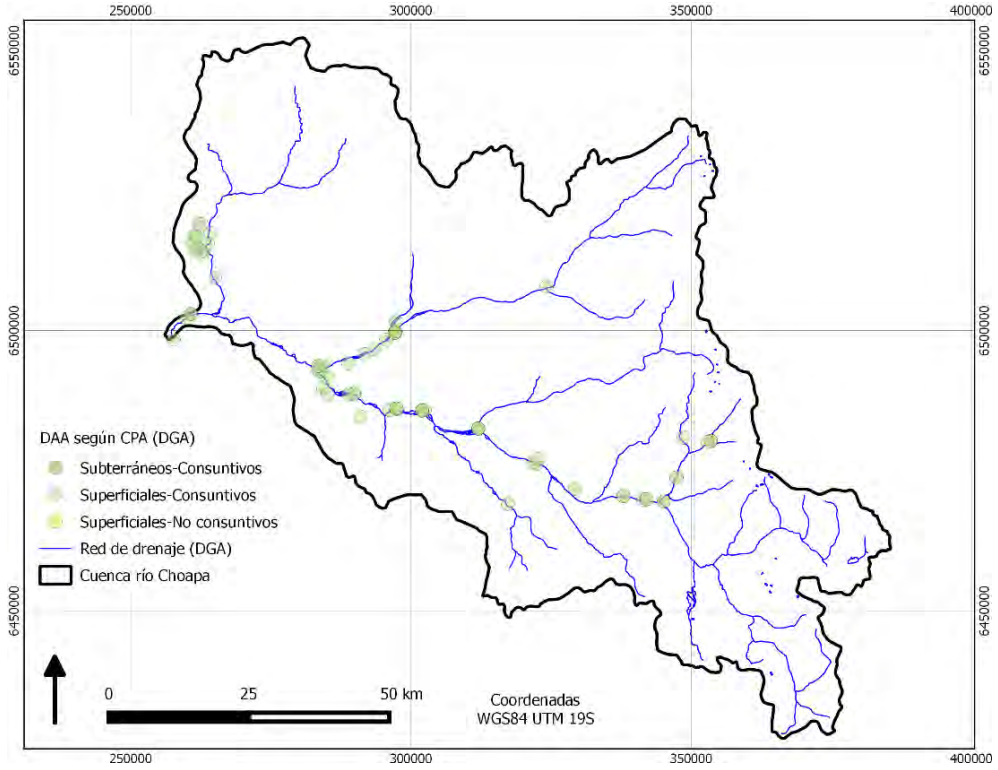
Tipo de derecho	**Subcuenca estero Canela**				
	N°	Acc.	l/s	sin un.	total
Superficiales Consuntivos	12	0,0	68,33	0,00	68,3
Subterráneos Consuntivos	211	0,0	63,30	0,00	63,3
TOTAL CONSUNTIVOS	223	0,0	131,63	0,00	131,6
Superficiales NO Consuntivos	0	0,0	0,00	0,00	0,0

Tipo de derecho	Subcuenca río Choapa Bajo				
	N°	Acc.	l/s	sin un.	total
Superficiales Consuntivos	23	332,2	1660,00	200,00	2192,2
Subterráneos Consuntivos	57	0,0	377,81	2,20	380,0
TOTAL CONSUNTIVOS	80	332,2	2037,81	202,20	2572,2
Superficiales NO Consuntivos	0	0,0	0,00	0,00	0,0

Fuente de datos: CPA-DGA, consulta abril 2017

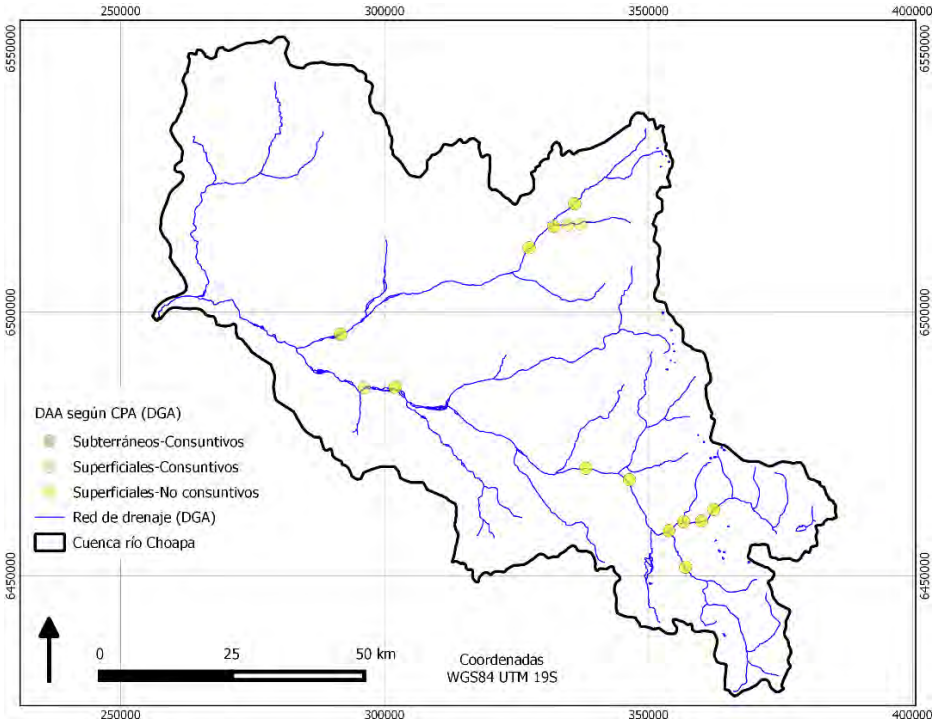
Los mismos derechos, ubicados por tipo, se muestran en las siguientes Figuras 5.3-1 a 5.3-3 adjuntas. En la Figura 5.3-3 se aprecia que la gran mayoría de ellos corresponde a derechos subterráneos del artículo 4º Transitorio (750 derechos, con un caudal constituido de 493,78 l/s).

Figura 5.3-1 Derechos superficiales consuntivos



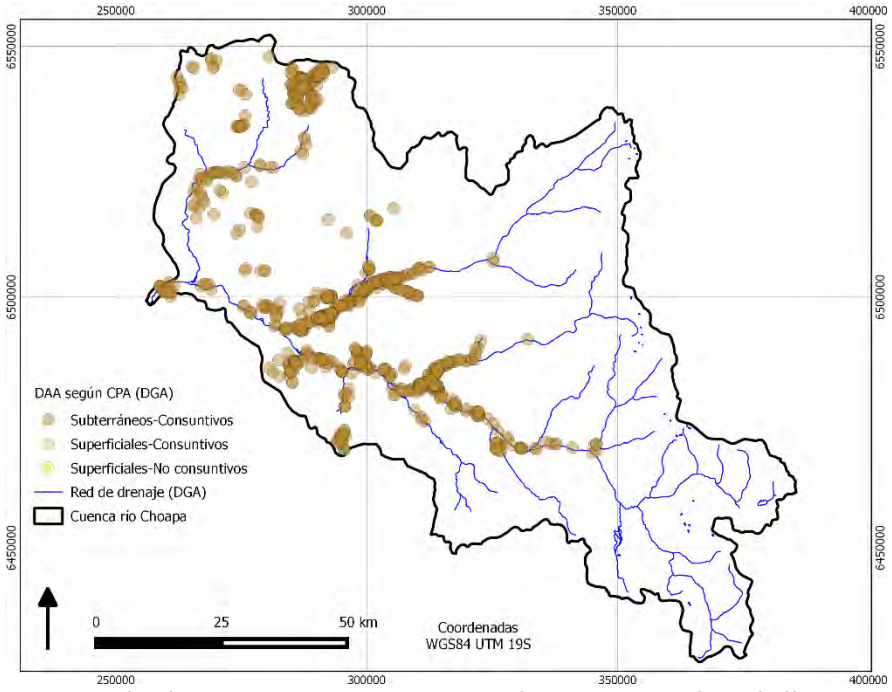
Fuente de datos: CPA-DGA, cuenca Choapa, consulta abril 2017

Figura 5.3-2 Derechos superficiales no consuntivos CPA cuenca Choapa



Fuente de datos: CPA-DGA, cuenca Choapa, consulta abril 2017

Figura 5.3-3 Derechos subterráneos (consuntivos) CPA cuenca Choapa



Fuente de datos: CPA-DGA, cuenca Choapa, consulta abril 2017

d) Derechos por uso y propiedad

Los derechos superficiales y subterráneos del CPA también se distinguieron por uso, de la siguiente forma:

- APR (comités y corporaciones de agua potable rural, con o sin indicación del artículo 6º transitorio)
- APU (Sendos, Aguas del Valle) Energía hidroeléctrica (está señalado directamente como uso)
- Minería (nombre de sociedades mineras como Minera Tres Valles, Minera Pelambres, o indicación de uso en minería)
- Riego (casi todos los derechos, especialmente los del 4º transitorio, y todos los que no llevan indicación, salvo que por el nombre del propietario se pueda entender otra cosa). En la cuenca del Choapa hay 750 derechos constituidos por el artículo 4º Transitorio, todos subterráneos, permanentes y continuos, que totalizan un caudal de 493,78 l/s.
- Riego DOH (derechos consuntivos a nombre de la DOH)
- Sin información (incluye derechos no consuntivos para acuicultura, derechos industriales que se identifican por el nombre, como inmobiliarias, envasadoras, pisqueras, industrias varias, y otros no asignables a otros usos).

La distinción de los derechos por uso muestra el tipo de propiedad que existe sobre ellos. Así, los derechos de APU, en esta cuenca tienen como propietarios al Servicio Nacional de Obras Sanitarias, SENDOS o ESSCO, todos ellos representados hoy por ECONSSA, la empresa estatal concesionaria de los servicios sanitarios no privatizados del país. Las APR tienen como propietario los respectivos Comités de APR. Los derechos asociados al uso minero tienen como propietarios a alguna empresa minera, de las cuales la más grande indudablemente es MLP, con 630 acciones del río Cuncumén, 133 l/s del acuífero Cuncumén, 400 l/s del río Choapa en la localidad de Cuncumén, y 560 l/s en el acuífero de Choapa Alto, entre Cuncumén y Salamanca, éstos últimos sólo con fines de restitución para la agricultura.

A nivel de toda la cuenca, hay 35.703 l/s de derechos eventuales, de los cuales 12.459 son consuntivos, y 23.244 son no consuntivos. De los 12.459 derechos eventuales consuntivos, 9353 l/s están inscritos a nombre de la DOH, y 1229 l/s a nombre de MLP, en el Choapa Alto. El resto está a nombre de otros particulares.

De los 23.244 l/s eventuales no consuntivos, 14.961,67 se encuentran a nombre de la Junta de Vigilancia del río Choapa, 3.368,33 l/s a nombre de Antofagasta Minerals y el resto, a nombre de otros particulares.

Para la cuenca completa del Choapa, los usos se clasifican como lo muestra la Tabla 5.3-5 adjunta.

Tabla 5.3-5 Derechos (superficiales y subterráneos) por uso cuenca Choapa

USO	Cuenca río Choapa					
	N°	Acc.	l/s	sin un.	TOTAL	%
APR	37	0.0	239.95	13.70	253.7	1.1
APU	33	5.1	297.90	4.62	307.6	1.4
MINERIA	46	295.9	2054.61	0.00	2350.5	10.3
RIEGO	900	1016.9	5047.91	557.72	6622.5	29.1
RIEGO-DOH	6	0.0	9353.65	0.00	9353.6	41.1
SIN INF DE USO	464	1613.6	2198.94	61.01	3873.5	17.0
TOTAL CONSUNTIVO	1486	2931.4	19192.96	637.05	22761.4	100
ENERGIA HIDROELECTRICA	26	0.0	32505.17	0.00	32505.2	100

Fuente de datos: CPA-DGA, cuenca Choapa, consulta abril 2017

En este caso, algunos usos no consuntivos menores están incluidos en el ítem "sin información de uso", por lo cual el uso energía hidroeléctrica no coincide exactamente con el tipo derecho no consuntivo.

Se efectuó la misma clasificación para los derechos por uso, a nivel de subcuenca, con el resultado que se muestra en la Tabla 5.3-6.

Tabla 5.3-6 Derechos (superficiales y subterráneos) por uso por subcuencas

Uso	Subcuenca río Choapa Alto				
	N°	Acc.	l/s	sin un.	total
APR	9	0,0	88,76	0,00	88,8
APU	15	5,1	55,80	4,62	65,5
MINERIA	36	295,9	1566,08	0,00	1862,0
RIEGO	188	861,1	801,52	82,57	1745,2
RIEGO-DOH	2	0,0	2218,95	0,00	2218,9
OTROS	354	1312,8	118,94	17,95	1449,6
TOTAL	604	2474,8	4850,05	105,14	7430,0
ENERGIA HIDROELECTRICA	16	0,0	29295,17	0,00	29295,2

Uso	Subcuenca río Chalinga				
	N°	Acc.	l/s	sin un.	total
APR	2	0,0	12,50	0,00	12,5
APU	0	0,0	0,00	0,00	0,0
MINERIA	4	0,0	476,77	0,00	476,8
RIEGO	53	0,4	57,15	275,15	332,7
RIEGO-DOH	1	0,0	158,55	0,00	158,5
OTROS	2	0,0	10,06	0,00	10,1
TOTAL	62	0,4	715,03	275,15	990,6
ENERGIA HIDROELECTRICA	0	0,0	0,00	0,00	0,0

Uso	Subcuenca río Choapa Medio				
	N°	Acc.	l/s	sin un.	total
APR	12	0,0	54,59	9,00	63,6
APU	6	0,0	22,10	0,00	22,1
MINERIA	0	0,0	0,00	0,00	0,0
RIEGO	181	17,2	342,89	0,00	360,1
RIEGO-DOH	1	0,0	4756,47	0,00	4756,5
OTROS	26	13,1	1481,02	0,00	1494,1
TOTAL	226	30,2	6657,06	9,00	6696,3
ENERGIA HIDROELECTRICA	1	0,0	800,00	0,00	800,0

Uso	Subcuenca río Illapel				
	N°	Acc.	l/s	sin un.	total
APR	6	0,0	21,60	2,50	24,1
APU	6	0,0	164,90	0,00	164,9
MINERIA	6	0,0	11,76	0,00	11,8
RIEGO	207	5,0	1922,84	0,00	1927,8
RIEGO-DOH	2	0,0	2219,69	0,00	2219,7
OTROS	64	88,8	460,59	43,06	592,5
TOTAL	291	93,8	4801,37	45,56	4940,8
ENERGIA HIDROELECTRICA	9	0,0	2410,00	0,00	2410,0

Uso	Subcuenca estero Canela				
	N°	Acc.	l/s	sin un.	total
APR	1	0,0	3,00	0,00	3,0
APU	2	0,0	11,00	0,00	11,0
MINERIA	0	0,0	0,00	0,00	0,0
RIEGO	219	0,0	84,30	0,00	84,3
RIEGO-DOH	0	0,0	0,00	0,00	0,0
OTROS	1	0,0	33,33	0,00	33,3
TOTAL	223	0,0	131,63	0,00	131,6
ENERGIA HIDROELECTRICA	0	0,0	0,00	0,00	0,0

Uso	Subcuenca río Choapa Bajo				
	N°	Acc.	l/s	sin un.	total
APR	7	0,0	59,50	2,20	61,7
APU	4	0,0	44,10	0,00	44,1
MINERIA	0	0,0	0,00	0,00	0,0
RIEGO	52	133,2	1839,21	200,00	2172,4
RIEGO-DOH	0	0,0	0,00	0,00	0,0
OTROS	17	198,9	95,00	0,00	293,9
TOTAL	80	332,2	2037,81	202,20	2572,2
ENERGIA HIDROELECTRICA	0	0,0	0,00	0,00	0,0

Fuente de datos: CPA-DGA, cuenca Choapa, consulta abril 2017

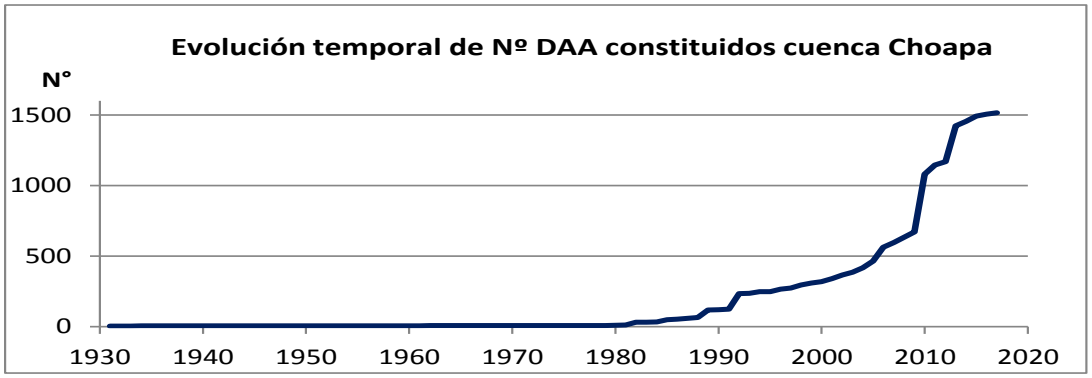
e) Análisis temporal del otorgamiento de los derechos

Analizado el registro de derechos de aprovechamiento de aguas del CPA, en relación con la fecha en que se constituyeron todos los derechos de esta cuenca, se observa lo que se presenta en las Figuras 5.3-4 a 5.3-7 adjuntas.

Para representar el caudal, se asumió que 1 acción equivale a 1 l/s, como efectivamente es el caso en esta cuenca.

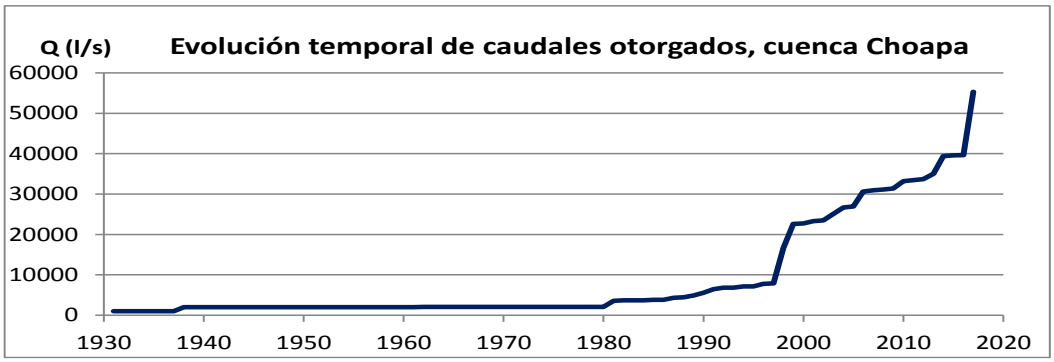
En la Figura 5.3-4 se puede apreciar que a pesar de ser una cuenca declarada agotada en cuanto a derechos superficiales permanentes el año 2004, y restringida con sugerencia de prohibición para derechos subterráneos el año 2009, se han seguido constituyendo derechos, especialmente y en gran cantidad durante el año 2010. Estos derechos corresponden casi en su totalidad a derechos subterráneos del Artículo 4º Transitorio de la modificación legal Nº 20017 de 2005. Por otro lado, en la Figura 5.3-5 se aprecia que el caudal correspondiente a estos derechos no es despreciable. También se puede observar el registro reciente de los derechos no consuntivos por 15615,83 l/s de la Junta de Vigilancia del río Choapa.

Figura 5.3-4 Evolución temporal del Nº de derechos constituidos cuenca Choapa



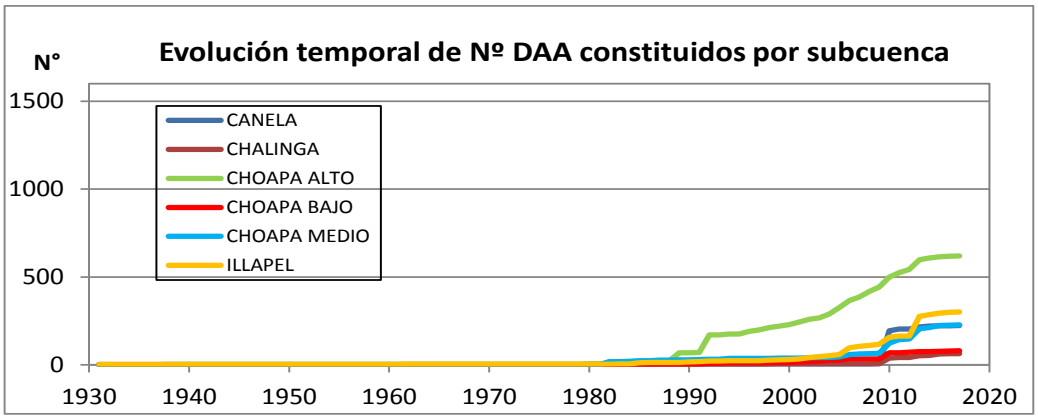
Fuente de datos: CPA-DGA, consulta abril 2017

Figura 5.3-5 Evolución temporal de los caudales constituidos cuenca Choapa



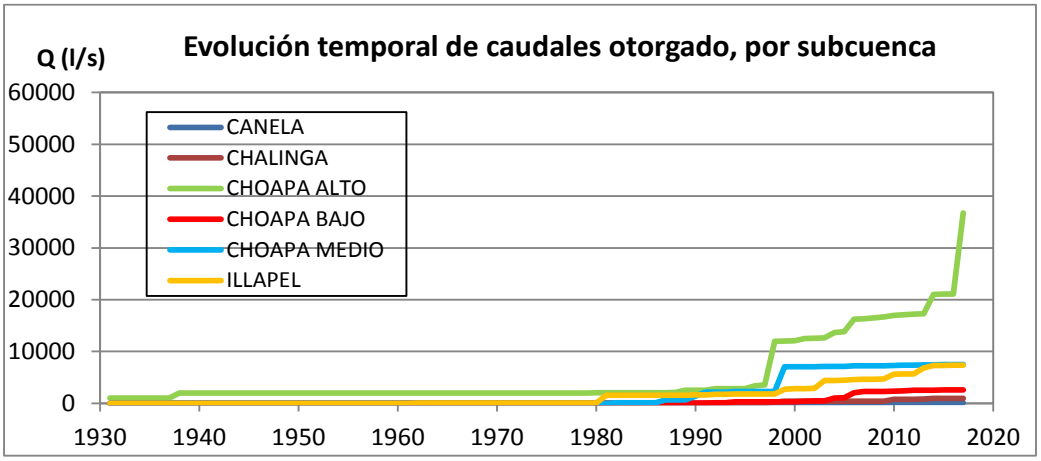
Fuente de datos: CPA-DGA, consulta abril 2017

Figura 5.3-6 Evolución temporal del Nº de derechos constituidos por subcuencas Choapa



Fuente de datos: CPA-DGA, consulta abril 2017

Figura 5.3-7 Evolución temporal de los caudales constituidos por subcuencas Choapa



Fuente de datos: CPA-DGA, consulta abril 2017

5.3.3 Zonas de agotamiento y áreas de restricción

El Código de Aguas establece la potestad de la DGA para declarar áreas de restricción, lo que en la práctica se ha traducido en una serie de resoluciones del organismo para diversos sectores hidrogeológicos. Son áreas de restricción para la constitución de nuevos derechos permanentes aquellos sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común en los que existe el riesgo de grave disminución de un determinado acuífero, con el consiguiente perjuicio de derechos de terceros ya establecidos en él.

Para la cuenca del Choapa, se cuenta con los documentos técnicos del DARH y resoluciones de la DGA (IT DARH Nº 220 (2009), 351 (2012), Resolución DGA Nº 113 de 2 de Julio 2009 y Resolución DGA Nº 41 del 18 de Julio de 2013), que caracterizan estos sistemas de aprovechamiento común de la forma que se muestra en la Tabla 5.3-7 adjunta.

Tabla 5.3-7 Caracterización de los sistemas acuíferos de aprovechamiento común valle de Choapa

Sistema hidrogeológico de aprovechamiento común	Caudal superficial medio anual 85%	Oferta volumen subterráneo sustentable	Oferta volumen subterráneo sustentable	Volumen disponible para otorgar	Derechos comprometidos a 2011	Derechos por otorgar (provisionales)
	l/s	l/s	m3/año	m3/año	m3/año	m3/año
Choapa Alto	2300	230	7.253.280	14.506.560	31725191	0
Chalinga	140	14	441.504	883.008	1514389	0
Choapa Medio	3120	312	9.839.232	19.678.464	8822639	10.855.825
Illapel	430	43	1.356.048	2.712.096	16889331	0
Canela	300	30	946.080	1.892.160	2331459	0
Choapa Bajo	3200	320	10.091.520	20.183.040	25672068	0
TOTAL		**949**	**29.927.664**	**59.855.328**	**86955077**	**10.855.825**

Fuente: IT DARH Nº 351, 06 Dic 2012

De acuerdo con esta caracterización, a partir del año 2012 sólo quedaría la posibilidad de obtener derechos en el sistema Choapa Medio, por un total de 10.855.825 m3/año, equivalentes a 344 l/s, y sólo en calidad de provisionales.

Esto se puede observar en el mapa de los acuíferos restringidos de la DGA, donde también se aprecia que la cuenca del Choapa está declarada agotada para fines de constitución de derechos superficiales, como se muestra en la Figura 5.3-8 adjunta. Si bien en el mapa los acuíferos aparecen como restringidos, en la práctica es como si operara una prohibición, debido a la redacción de las declaraciones de área de restricción, las que en su punto 8 establecen que no sería prudente constituir derechos provisionales, para los acuíferos Choapa Alto, Chalinga, Illapel, Canela (Resolución 113/2009), y Choapa Bajo (Resolución 41/2013).

Figura 5.3-8 Mapa de identificación de acuíferos restringidos



Fuente: www.dga.cl

5.3.4 Transacciones de derechos

En cuanto a transacciones de derechos, se tiene conocimiento de que la Minera Los Pelambres compró 693 de las 983 acciones en que está dividido el río Cuncumén. Las 290 acciones de los regantes se entregan a través del canal Aletón (33,88 acciones), cuya bocatoma está aguas arriba del tranque de Quillayes, y del río Cuncumén, que luego es controlado por la DGA antes de la junta con el Choapa. Agrícola Mercedario SpA ha comprado derechos superficiales en diferentes canales, solicitando luego el traslado de ellos al canal Panguecillo o el cambio de fuente al acuífero frente a su propiedad en Panguecillo.

También hay otras transacciones puntuales llevadas a cabo por empresas agrícolas que han introducido fuertemente el tema de la tecnificación en sus predios. Las Juntas de Vigilancia son las que tienen mayor conocimiento de ventas y traslados de derechos en

su jurisdicción, debido a que ellas deben modificar las entregas cuando estos hechos se producen, y también porque ellas controlan de cerca las extracciones.

El sitio web http://www.compragua.cl, por ejemplo, mantiene en oferta 23 L/s de uso consuntivo permanente desde el acuífero de Choapa Alto, a un precio de 3.875,5 UF. Se destaca la posibilidad del cambio de punto de captación dentro del mismo acuífero, como parte de esta oferta. No obstante, resalta el hecho de que en las cuencas de Elqui y Limarí, la oferta de venta de derechos de agua es mucho mayor. Esto puede explicarse según lo expresado por Valenzuela (2006, Análisis de los mercados del agua en la región de Coquimbo, Tesis MBA. Magister en Gestión Empresarial, Universidad Técnica Federico SantaMaría, https://catalogo.usm.cl/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=83932&shelfbrowse_itemnumber=250876), quien señala que la menor compraventa de derechos de agua en Choapa se vincula a una menor inversión en grandes infraestructuras y a la menor inversión en sistemas de riego más sofisticados. De hecho, dicho autor recalca que existe una relación lineal entre la compraventa de derechos de agua y el establecimiento de sistemas de riego.

5.3.5 Racionamiento y Concesiones

Las circunstancias de escasez no han estado exentas de conflictos, los cuales han sido por lo general resueltos, aunque por diversas vías. En 2013, la Corporación Innovación y Ciudadanía realizó talleres participativos para identificar los conflictos existentes en Choapa. En dicha ocasión, se mencionó como algo común el agotamiento de napas por la intensificación de la actividad agrícola, minera e industrial, y también la contaminación de cauces por acción minera en los ríos Choapa y Chalinga, y en el estero Pupío. Para ambos temas es necesario verificar su veracidad, debido a que es fácil hacer aseveraciones de este tipo, que se generalizan rápidamente, y es difícil confirmar o desecharlas, porque los datos no están disponibles para todos, además que son técnicos y no todos los comprenden.

Lo señalado muestra la necesidad urgente de informar, capacitar y entregar información fidedigna a la gente, de modo que no aparezcan como problemas aspectos que ya están resueltos o que ya han sido abordados en alguno de los múltiples planes que existen para la cuenca y la región. Ésta será una de las tareas fundamentales que deberá abarcar la gobernanza, de acuerdo con el Plan desarrollado para ella en el presente estudio.

Cuando en el año 2009 el embalse Corrales alcanzó su máxima capacidad, los usuarios del agua podían haber hecho valer sus derechos en un 100%. Sin embargo, la sequía registrada luego y hasta el año 2015, llevó a la Junta de Vigilancia del Río Choapa a reducir la dotación a un 30%, e incluso en otoño e invierno, a un 14%. Con las precipitaciones de 2015-2016, el embalse Corrales ha vuelto a llenarse, pero la Junta de Vigilancia ha optado por mantener racionamientos, a fin de emplear lo menos posible el agua del embalse, dejándola como reserva. Recientemente la JV Choapa ha aceptado el uso de los acuíferos como embalses de reserva durante la sequía, para cubrir contingencias. El empleo de dichos acuíferos les permitió, como ejemplo, mantener la dotación de 30% en la sequía recién pasada.

Igualmente, la Junta del Río Illapel estableció sistemas de turnos para reducir los montos de agua empleada y aplicar desmarque de un 10%. Similar proporción fue empleada por la Junta de Vigilancia del Río Chalinga, mientras que la Junta de Vigilancia

del estero Quilimarí no tuvo dotación. Las lecciones aprendidas son un buen indicio para el uso más racional del agua y permiten acercamientos para un plan de GIRH.

Además de la condición expuesta en el párrafo anterior, en condiciones de escasez, las Juntas de Vigilancia han realizado concesiones a las empresas sanitarias para asegurar el acceso al agua para consumo humano. Por ejemplo, en el año 2013, la Junta de Vigilancia del Río Illapel eximió del sistema de turnos a la empresa sanitaria Aguas del Valle, y además condujo las aguas hacia la captación de la empresa sanitaria por un canal impermeabilizado, a fin de no tener pérdidas. En otra ocasión, cuando la empresa Aguas del Valle intervino el río Choapa a inicios del año 2015, a fin de abastecer de agua potable a la ciudad de Illapel, se gestó un acuerdo entre las partes, apoyado por los parlamentarios y autoridades de la zona. En dicho acuerdo, Aguas del Valle sería autorizada a obtener agua desde el río bajo las restricciones normales de racionamiento, pero a cambio debía presentar un estudio técnico y apoyar a las APR que pudiesen verse afectadas. Estos ejemplos muestran que la necesidad es el mayor motor para la comunicación, integración y acuerdos, vale decir, la gestión integrada, en los sistemas que lo requieren.

5.4 USO DEL SUELO, TIPOS DE CULTIVO, CAMBIOS DE USO DEL SUELO

5.4.1 Aspectos generales

El año 2002, CONAF publicó un libro donde especifica el uso del suelo, por provincia, de acuerdo con lo que se señala en la Tabla 5.4-1. En una actualización del año 2004, no varían las cifras. Hay una nueva actualización, publicada en el sitio de información territorial de la CONAF (https://sit.conaf.cl/), que data de 2016, donde se separa por comuna (Canela, Illapel y Salamanca) y se entrega estadística regional. La estadística correspondiente a la provincia del Choapa, se presenta también en la Tabla 5.4-1.

Centrando la atención en las áreas cultivables, la cuenca de Choapa tendría 25.991 hectáreas de terrenos agrícolas (CONAF, 2016). CONIC-BF (2013), actualizando datos de CAZALAC/RODHOS (2006), indica que habría 15.690 hectáreas de riego, y luego, RODHOS (2014) actualiza de nuevo esta información, llegando a identificar 17.015 ha de riego. De éstas, 11.464 ha se localizan sobre el río Choapa, 3.200 ha se ubican sobre el río Illapel y 1.503 ha sobre el río Chalinga. Con estas áreas se trabajó el modelo en el presente estudio.

De las 369 faenas mineras contabilizadas en Choapa por el Atlas de Faenas Mineras de SERNAGEOMIN (2011), 51% está en la comuna de Illapel, 33% en la comuna de Salamanca y 16% en Canela. De las faenas identificadas existen 26 activas (13 en Illapel, 10 en Salamanca y 3 en Canela). Hay además 319 faenas irregulares (164 en Illapel, 106 en Salamanca y 49 en Canela), con la consiguiente poca información acerca del uso y disposición de agua.

5.4.2 Cambios de uso del suelo

Los cambios de uso del suelo son situaciones que en Chile responden fundamentalmente a aspectos económicos y judiciales, debido a que no hay una adecuada planificación en el sentido del resguardo ambiental. CONAMA en su página web http://www.sinia.cl/1292/articles-29099_recurso_6.pdf señala como importante el cambio de uso del suelo por expansión urbana en las distintas provincias de la región de Coquimbo, en especial porque ocupa terrenos de alta productividad agrícola. En este sentido, la GIRH debe estar en sintonía con los planes territoriales, pero se deberá propender a que estos últimos correspondan a los principios del desarrollo sostenible.

Un ejemplo de lo señalado es analizado por Gallardo, 2006. Allí señala que la ciudad de Salamanca creció a una tasa de 1,25% entre los años 1960 y 2005, ocupando principalmente los suelos de mayor calidad agrícola. Dicha tasa podría ser aún mayor si se considerara la fragmentación de las áreas agrícolas en parcelas de agrado, que no necesariamente son dedicadas a la agricultura.

Los cambios de uso del suelo se pueden apreciar también en las publicaciones estadísticas de CONAF 2002 y 2016 (Tabla 5.4-1). Se deduce que la mayor parte de la cuenca de Choapa la conforman, antes como ahora, los terrenos de praderas y matorrales. Las áreas sin vegetación se redujeron de 22% a 17% en el período. Los bosques han aumentado casi al doble, mientras los humedales se han reducido a la mitad. El terreno agrícola aumentó de casi 21.000 hectáreas a casi 26.000 hectáreas reconocidas. Las áreas urbanas e industriales aumentaron de 0,14% a 0,90 %.

Tabla 5.4-1 Uso del suelo cuenca río Choapa

CONAF 2002			CONAF 2016		
Tipo de uso	**Superficie (ha)**	**Porcentaje (%)**	**Tipo de uso**	**Superficie (ha)**	**Porcentaje (%)**
Áreas urbanas e industriales	1125.1	0.14	Áreas Urbanas e Industriales	7426.4	0.90
Terrenos agrícolas	20948.9	2.53	Terrenos Agrícolas	25991	3.15
Praderas y matorrales	598511.4	72.45	Praderas y matorrales	627134.9	75.89
Plantaciones forestales	595.9	0.07			
Bosque nativo	13089.1	1.58	Bosques	22510	2.72
Humedales	8581.2	1.04	Humedales	3607.8	0.44
Áreas desprovistas de vegetación	183139.3	22.17	Áreas desprovistas de vegetación	139119.2	16.84
Cuerpos de agua o aguas continentales	147.9	0.02	Nieves y Glaciares	0	0.00
			Cuerpos de agua	541.9	0.07
			Áreas no reconocidas	0	0.00
TOTAL	**826138,90**	**100**	**TOTAL**	**826331.2**	**100**

Fuente: CONAF 2002, CONAF 2016 (https://sit.conaf.cl/)

5.4.3 Variaciones temporales de uso de suelo

Como es usual en Chile, la agricultura emplea la mayor cantidad de agua en la cuenca. Ante condiciones de sequía, como la que afectó recientemente a la región, las mayores modificaciones de uso de suelos se dan de preferencia por la reducción de los terrenos de cultivo. Como se ha podido apreciar a partir de información satelital, dichos cambios no fueron tan grandes en la cuenca del Choapa. En efecto, si se compara las zonas cultivadas en febrero de 2010 (embalse casi a plena capacidad y dotación de 100%) con aquéllas cultivadas en febrero de 2015 (embalse a muy baja capacidad y dotación de 30%), se observa que las áreas de cultivo no se han modificado de manera significativa, pudiendo retirarse momentáneamente terrenos de cultivos (anuales de preferencia), pero no perdiendo su vocación de uso. Ello se explica por el aumento de eficiencia en el uso intrapredial, que era muy baja antes de la sequía (entrevista Junta de Vigilancia del río Choapa).

Esto muestra que la cuenca del Choapa cuenta con más agua en relación con las otras cuencas de la región, especialmente en épocas normales y húmedas, y que aún hay mucho por lograr con el aumento de eficiencia.

La Sociedad Agrícola del Norte hizo una estimación de las áreas que no pudieron ser regadas el año 2012, que se muestra en la Tabla 5.4-2 adjunta.

Tabla 5.4-2 Estimación de superficies no regadas por sequía, año 2012

Área de incumbencia	Superficie dejada de regar (ha)	% del total de los terrenos del cultivo
J.V. Río Choapa	5000	32,05
J.V. Río Illapel	3000	66,08
J.V. Río Chalinga	1800	84,67
J.V. Estero Quilimarí	450	83,33

Fuente: Sociedad Agrícola del Norte A.G.

Al respecto, a contar de la temporada 2016 podrá realmente verificarse si las áreas que se dejaron de cultivar por falta de riego cambiaron o no su uso, en especial en las cuencas de los ríos Illapel y Choapa, donde los embalses están a plena capacidad y aseguran un par de temporadas con alta seguridad de riego.

También en Chalinga se ha trabajado en la factibilidad de construcción de un embalse que otorgue seguridad hídrica, el que los regantes desean que sea construido mediante la ley 1123, y no por concesión (entrevista al administrador de la Junta de Vigilancia del río Chalinga, 2017).

5.4.4 Aptitud de suelos

De acuerdo a Herrera, B. y J. Sandoval (1973), la siguiente sería la distribución de la capacidad de uso de los suelos en la provincia de Choapa, categorías riego (Tabla 5.4-3) y secano (Tabla 5.4-4):

Tabla 5.4-3 Capacidad de uso de suelos, categoría riego (ha, provincia de Choapa)

Comuna	Ir	IIr	IIr	IVr	IIr-IV	IIIr-IV	IIIr-VI	IIIr-VII	IVr-VI	IVr-VII	IVr-VIII
Illapel		580,5	1817,1	1079,3		5,3	847,9	79,2	1183,9	3840,4	87,3
Salamanca	605,6	1780,2	1612,8	3566,5						1779,1	
Mincha		359,1	460,3	404,9							
Los Vilos					80,5	159,7			1681,2	246,4	
Total	22.257,2 hectáreas de riego										

Fuente: Herrera y Sandoval, 1973

Tabla 5.4-4 Capacidad de uso de suelos, categoría secano (ha, provincia de Choapa)

Comuna	II	III	IV	VI	VII	VIII	VII-VIII	Urbano	Agua
Illapel		63,3	10,4	967,7	3159,3	11758,3		326,7	4,1
Salamanca	98	457,8	593	754,6	5033,5	39761,7		155,9	79,7
Mincha				3825,8	6888,9	4621,6	920	42,4	3,4
Los Vilos		220,8	883,6	1426,5	5853,2	2728		5,4	50,8
Total	90.026 hectáreas de secano (2.326,9 aptas para agricultura)								

Fuente: Herrera y Sandoval, 1973

Las categorías I a IV son aptas para la agricultura, con medidas de conservación de suelos no necesarias para la clase I, pero cada vez más requeridas e intensas desde las clases II a IV. Desde las clases V a VIII, los suelos ofrecen restricciones tales que no es conveniente realizar agricultura.

Una descripción exhaustiva de cada categoría de capacidad de uso se encuentra en la referencia citada.

Al sumar la superficie apta para agricultura, entre riego y secano, la provincia de Choapa tendría aproximadamente 24.584 hectáreas de superficie apta (deben descontarse algunos terrenos de categorías combinadas). Recordando los datos de CONAF (2016), que señala que la superficie agrícola de la cuenca de Choapa sería de 25.991 hectáreas, se puede inferir que la mayor parte del área considerada agrícola estaría ejerciendo dicha función. Precisando lo anterior, la aplicación del modelo WEAP ha mostrado que actualmente no se cultivarían más que unas 17.015 ha potenciales, definidas y reconocidas en 2014.

5.4.5 Tipos de cultivo

Se revisó el estudio CNR − Everis Infraeco (2016) correspondiente al "Plan de Riego" desarrollado para la cuenca del río Choapa, para evaluar la posibilidad de actualizar la caracterización del área de riego del modelo WEAP en base a este estudio de riego más reciente de la cuenca.

Sin embargo, en este estudio (2016), la superficie de riego se determinó en base a los resultados del estudio CONIC BF (2013), arrojando una superficie total cultivada (potencial) de 15690 ha.

Las áreas del estudio CONIC BF (2013) fueron actualizadas, sin embargo, en el estudio RODHOS-CRDP (2014), y no fueron actualizadas de nuevo en el estudio ULS-CRDP 2016, que mantuvo las mismas áreas de cultivos. Con ello, la fuente utilizada en el presente estudio, es la más reciente y actual de áreas de riego para la cuenca. En el estudio RODHOS-CRDP (2014), se dividió la cuenca de Choapa en 44 zonas de riego que totalizaron 17.015 hectáreas de riego, como se ha señalado antes.

El análisis de los datos muestra que en la actualidad, las áreas de cultivo bajo riego se dividen en 5544 hectáreas de frutales y 11471 hectáreas de otros cultivos, en general llamados anuales. La composición de cultivos, de acuerdo a la forma en que fue modelada con WEAP, es la que se presenta en la Tabla 5.4-5.

Tabla 5.4-5 Composición de cultivos cuenca Choapa

Tipo de cultivo	Área cultivada (ha)
Alfalfa y pradera	7241,8
Almendro	8,0
Arandano	192,0
Bábaco	0,0
Carozos	360,4
Cereales	1003,7
Chirimoyo	1,5
Cítricos	202,0
Eucaliptus	259,3
Granado	22,0
Hortalizas	2966,8
Nogal	861,9
Olivo	0,7
Palto	2491,1
Papayo	8,9
Vid de mesa	509,8
Vid de pisco	885.5
TOTAL	17015,3

Fuente: RODHOS 2014, ULS 2016

Naturalmente la estadística presentada puede ser variable y responder a vicisitudes del mercado agrícola, lo cual se condice con la libre decisión de los propietarios privados de los terrenos y/o del agua, a definir el uso de estos insumos agrícolas. Sin embargo, la GIRH busca maximizar los beneficios económicos, sociales y ambientales que puede otorgar el uso sustentable del agua. Ante ello, si los suelos pueden ser destinados a los cultivos más rentables y adecuados conforme a su aptitud, y esto se logra con un riego eficiente, entonces se estará avanzando también en el uso más eficiente del recurso hídrico. Un cultivo poco adecuado para la aptitud del suelo puede hacer requerir más prácticas de conservación de suelos, riegos sobredimensionados o el empleo de más abono, con el consiguiente daño ambiental y costos mayores de producción. El poder contrastar los tipos de cultivo con la aptitud de los suelos puede ser posible una vez que se encuentre disponible la cartografía necesaria. Con ello, los expertos en suelos podrían proponer a los regantes alternativas de uso del suelo, con la finalidad de mejorar la eficiencia general del uso de los recursos hídricos.

5.5 CALIDAD DE AGUAS, PROCESOS Y FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Cuatro entidades públicas y dos privadas realizan monitoreo de calidad de aguas en la cuenca del Choapa en forma permanente. Los puntos, parámetros y frecuencias de los muestreos se presentan en la siguiente Tabla 5.5-1.

Tabla 5.5-1 Parámetros, puntos y frecuencias de muestreo de calidad, río Choapa

Entidad	Puntos	Parámetros	Frecuencias
DGA	10 puntos en cauces naturales (ríos y esteros) y 3 subterráneos (pozos)	Tº, pH, CE, OD, NO_3^-, NO_2^-, HCO_3^-, CO_3^{-2}, SO_4^{-2} Cl-, B, P, SO_4, Al, As, Cd, Ca, Cu, Cr, Fe, Li, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Pb, K, Se, Na, Zn, Co	3 veces al año
SAG	Mineras y tranques de relaves	pH, CE, Tº, SS, As, SO4, Cd, Cr, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Zn, Pb, Cu, CN^-	Al menos 2 veces al año después de precipitaciones
Salud del Ambiente	Cauces naturales, red de agua potable urbana y rural, mineras	CN-, Cu, Fe, Mn, SO_4^{-2}, SDT, CE, pH, coliformes totales y fecales	1 vez al mes
DOH	Embalse Corrales y sus afluentes	T, pH, CE, SDT, SS, %Na, RAS, CN^-, Cl^-, NH_3, NO_3, NO_2, N total, P, SO_4^{-2}, OD, DQO, DBO_5, coliformes totales y fecales, Al, As, B, Cd, Co, Cu, Cr, F, Fe, Li, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Pb, Se, Zn	2 a 6 veces al año
Aguas del Valle	Red de agua potable urbana y vertidos de aguas servidas tratadas	NH_3, As, Cd, $CaCO_3$, CN-, Cl^-, Cu, color aparente, fenol, CE, Cr, detergentes, F-, Fe, Mg, Mn, Hg, NO3, NO_2^- pH, olor, Pb, sabor, Se, SDT, SO_4^{-2}, turbiedad, Zn, coliformes DBO_5, SS, OD	2 veces al mes
Minera Los Pelambres	Cauces naturales (ríos Cuncumén, Choapa e Illapel y estero Pupío)	Tº, pH, CE, SDT, SS, OD, SO_4^{-2}, coliformes totales, coliformes fecales, Cu, Fe, Mo	1 vez al mes

La calidad de las aguas de la cuenca del Choapa está muy detalladamente caracterizada en el estudio CONIC-BF 2013, en base a los datos de la DGA. En el presente informe, también se toman como referencia los datos de la DGA (BNA, consulta 2017), los que se incluyen en el archivo BNAT_ Aguas.xlsx del Anexo Capítulo 5.5. No resultaría conveniente efectuar comparación entre datos de distintas fuentes, pues los procedimientos de muestreo en terreno, la preservación de las muestras, las metodologías y tiempos de análisis, pueden diferir considerablemente. Además los parámetros y estaciones de monitoreo no han sido constantes en el tiempo.

Por lo anterior se caracteriza la calidad de las aguas con los datos de la DGA, en relación a NCh 1.333 Of78. Fuentes complementarias se indican expresamente.

La red hidrométrica de la DGA en la cuenca se compone de 10 estaciones de calidad de aguas superficiales y 3 estaciones de aguas subterráneas, que se presentan en la Figura 5.5-1 adjunta.

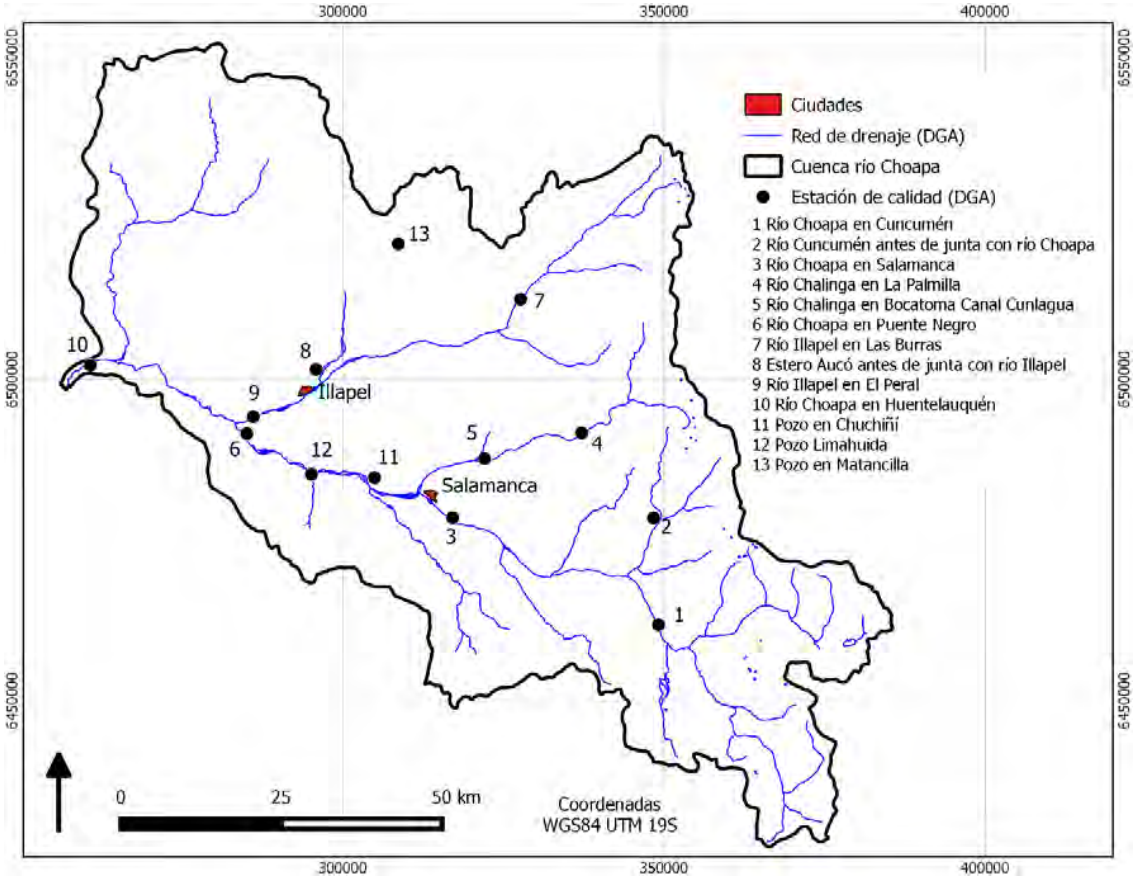
La cuenca del río Choapa cuenta con una superficie total de 7.654 km^2. Se compone de 4 subcuencas y está estructurada hidrológicamente por el río Choapa, que nace en la cordillera de Los Andes, en la confluencia de los tributarios Totoral, Leiva y del Valle. Aguas abajo recibe los afluentes Cuncumén y Chalinga, y en el curso medio recibe al río Illapel.

Las principales subcuencas son:

- Río Choapa Alto (hasta abajo de junta con Río Cuncumén)
- Río Choapa Medio (entre Ríos Cuncumén e Illapel)
- Río Illapel
- Río Choapa Bajo (entre Río Illapel y Desembocadura)

La cuenca presenta presiones por la minería, la cual se ubica preferentemente en los cerros de las cabeceras de subcuencas, por la agricultura, que se ubica fundamentalmente en las cercanías de los cauces, y en menor medida por plantaciones forestales ubicadas en la parte baja de la cuenca. Los usos del agua están asociados a consumo humano, minería, agricultura de riego y vida acuática en humedales aislados.

Figura 5.5-1 Estaciones vigentes de calidad de aguas de la DGA



Las fuentes de contaminación se asocian con la actividad económica en la cuenca, que se fundamenta en el sector primario, con las actividades minera y agrícola. Las actividades del sector terciario se desarrollan principalmente en las comunas más urbanas de Illapel y Salamanca, donde se generan aguas servidas urbanas y rurales. El sector industrial se encuentra escasamente representado en la cuenca.

a) Minería

Es la actividad que más contribuye al PGB de la zona (INE, estadística regional), aunque su importancia en términos de empleo resulta escasa. Se debe tener presente que la Pequeña Minería tiene un carácter informal, por lo que el número de empleos se encuentra subestimado, lo que se puede observar contrastando datos del Atlas Minero de SERNAGEOMIN, INE y Servicio de Impuestos Internos.

Sin duda, la actividad minera de mayor importancia es la explotación cuprífera de Minera Los Pelambres (INE, % de aporte al PIB regional), cuya faena minera se ubica en la hoya del río Cuncumén (sub-cuenca del Choapa Alto), desde antes del nacimiento del río Pelambres hasta el primer tramo del río Cuncumén.

Entre los yacimientos de minerales metálicos se destacan aquellos en cuya mena el oro y/o el cobre aparecen como elementos predominantes. Otros yacimientos de menor importancia son los de hierro, plomo y zinc (Atlas de Faenas Mineras, SERNAGEOMIN, 2011).

Las otras actividades mineras corresponden a la Pequeña Minería, que se desarrollan principalmente en la subcuenca del estero Aucó, en las cercanías de la ciudad de Illapel, y en la hoya del estero Camisas. Principalmente son faenas de extracción de cobre, y en menor proporción de oro (SAI, 2016). El Catastro de Concesiones Mineras de SERNAGEOMIN (2015) señala 4 depósitos de relave en comuna de Canela, 56 en comuna de Illapel y 15 en comuna de Salamanca, con un total de 75 depósitos.

b) Agricultura y ganadería

La superficie de suelos cultivables en la cuenca se estima en unas 31.150 hectáreas (Censo agropecuario 2007), equivalentes al 4% de la superficie total. Los terrenos agrícolas se encuentran ubicados principalmente en los valles de los ríos Choapa, Illapel y Chalinga. La propiedad agrícola no ha cambiado mucho desde la reforma agraria de 1964 y la cuenca se caracteriza por la predominancia de la pequeña agricultura.

A causa del clima semiárido, la actividad agrícola de la zona es muy dependiente del riego, es decir, de la disponibilidad de los recursos hídricos. El riego cubre aproximadamente el 60% de los terrenos cultivados, principalmente en las comunas de Illapel y Salamanca. La baja seguridad de riego, en especial entre los meses de enero y marzo, resulta en la presencia de cultivos de rubros extensivos y poco rentables como chacras y praderas naturales, fundamentalmente en la comuna de Canela donde el riego tecnificado se encuentra escasamente desarrollado (Desarrollo de un Modelo de Gestión Integral para el Resguardo de la Calidad de las Aguas en los Valles de Huasco, Limarí y Choapa, Informe 2009).

No obstante lo anterior, la construcción de grandes obras hidráulicas por el Estado está modificando el perfil de la agricultura en la cuenca, aumentando los cultivos de especies frutales en las comunas de Illapel y Salamanca.

Los cultivos son muy variados, incluyendo nogal, damasco, cítricos, palto, vid de mesa y vid pisquera. También, aunque en menor medida, existe la explotación ganadera y el manejo extensivo de pradera de alfalfa.

La actividad ganadera se encuentra escasamente desarrollada en el valle. La ganadería caprina y ovina se mantiene en las zonas de secano como medio de subsistencia para numerosas familias, lo que en ciertos lugares contribuye a la erosión de los suelos y al proceso de desertificación, mientras que la ganadería bovina se encuentra en sectores bajo riego y en sectores precordilleranos.

c) Actividad industrial

Se encuentra reducida a la industria pisquera, con la presencia de dos empresas en Salamanca. Figura en el catastro de descargas de riles normados por DS 90 al río Choapa, la Compañía Pisquera de Chile S.A.

d) Gestión de residuos

Según el Servicio de Salud de Coquimbo, la provincia del Choapa no cuenta con rellenos sanitarios, sólo vertederos autorizados, uno por cada comuna. El vertedero de Canela se ubica en la Quebrada El Gallo. El vertedero de Illapel se ubica en la Quebrada Lo Gallardo a 3 km al NE de Illapel. El vertedero de Salamanca se ubica en el sector El Queñe, a 5 km al SE de Salamanca. No se registran cursos superficiales de agua cercanos a los vertederos.

e) Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS)

Según datos de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), Salamanca cuenta con una PTAS de lagunas aireadas, cuyo cuerpo receptor es el Río Choapa en Salamanca. Illapel cuenta con una PTAS que atiende además a CuzCuz, de lagunas aireadas, cuyo cuerpo receptor es el Río Illapel en CuzCuz. Canela Alta y Canela Baja cuentan cada una con una PTAS de lodos activados, en ambos casos el cuerpo receptor es el Estero La Canela. Estas PTAS deben cumplir con la Tabla N°1 del DS 90. Los resultados de no cumplimiento de la fiscalización de la SISS entre enero de 2011 y agosto de 2016 se resumen en la siguiente Tabla 5.5-2.

Tabla 5.5-2 Resultados de no cumplimiento del DS 90 por parte de PTAS Choapa

PTAS	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Salamanca				feb		
Illapel-CuzCuz				ago-oct-nov		
Canela Alta	mar		nov	dic	ene	
Canela Baja	jul-oct			mar-jul-ago-sep-nov	abr-dic	

Fuente: SISS

Lamentablemente la DGA no muestrea coliformes fecales, coliformes totales, aceites y grasas, y DBO_5, en los cuerpos receptores, que son los principales parámetros donde las descargas de las PTAS superan la normativa. La SISS fiscaliza datos de autocontrol en el efluente y no en el cuerpo receptor, como lo mandata el DS 90, por lo que el impacto real no es evaluado.

En el Anexo Capítulo 5.5 se presenta mayor detalle acerca de las mediciones de calidad de aguas en la cuenca del Choapa. Las conclusiones generales, en base a los datos de calidad las fuentes señaladas, son las siguientes:

- Por lo general, la calidad del agua en la cuenca de Choapa es buena. Sin embargo, eventos puntuales de contaminación han alterado estas condiciones en varias ocasiones y han causado conflictos. Al respecto, es conveniente mejorar el monitoreo permanente, con protocolos claros y compartidos. Si bien es cierto que actualmente hay puntos de monitoreo permanente, no incluyen análisis de sedimento, ni bioindicadores. Hay algunos parámetros cuyo monitoreo no es constante en el tiempo.

- Por otro lado los protocolos de monitoreo no son públicos, sólo los datos. Debieran publicarse también la metodología de análisis y los límites de detección, con lo que se daría mayor credibilidad y transparencia a la información entregada.

- Los datos (DGA) demuestran que el río Choapa, aguas arriba de Cuncumén, aporta 3 metales que ocasionalmente sobrepasan la NCh 1.333 para riego, Fe, Mn y Al, presentes de forma natural en las rocas minerales.

- Los metales de mayor toxicidad son Al y Mn. Su comportamiento se reduce a lo largo del curso del río Choapa, y se diluye con el Chalinga e Illapel, que no aportan estos minerales en forma importante. Los valores sobre norma se asociarían a eventos específicos, como derrames por rotura de tubería.

- El cobre no es un tema importante en la cuenca. Lo aportaba Cuncumén (MLP), pero ya desde hace 10 años que no hay aportes sobre norma. El cobre sube cuando hay eventos específicos, como derrames por rotura de tuberías.

- Los coliformes totales (fuente: Programa SAI: Seguimiento Ambiental Integral, liderado por la JV CHoapa, realizado por INIA y financiado por MLP) sobrepasan en pocas ocasiones la NCh 1.333 para riego. Cuando esto ocurre, no siempre es asociado a las descargas de aguas residuales de plantas de tratamiento de aguas servidas, aunque aparentemente hay alguna relación con la planta de Salamanca.

- El río Cuncumén (estación Cuncumén antes junta Choapa, DGA) posee buena calidad de sus aguas, con presencia de metales como molibdeno, cobre y sales de sulfatos bajo norma, con ph y conductividad también bajo norma. Excesos fecuentes de cobre y conductividades más altas, de hasta 1500 umhos/cm, se registraron entre 2001 y 2004. Desde el año 2004 hasta la actualidad, sólo muy ocasionalmente se registran excesos de cobre, hierro, aluminio y manganeso. En

este río, la contaminación no afecta la calidad del agua, sino que de los sedimentos.

- El río Chalinga (DGA) presenta buena calidad de aguas, posiblemente por tratarse de un cauce que tiene escasa intervención humana, a pesar de la actividad agrícola.

- El estero Aucó (DGA), cauce asociado a algunos tranques de relaves abandonados en sus riberas, no presenta los elementos de cobre, hierro, aluminio ni manganeso sobre norma NCh 1333. Lo que sí hay, es una alta concentración de sulfatos, superando la norma permanentemente, y una conductividad específica elevada (1200 uS/cm en promedio).

- El río Illapel presenta buena calidad de sus aguas (DGA), hasta antes de la confluencia con el estero Aucó (de escurrimiento superficial estacional) y la actividad de la ciudad de Illapel. Sin embargo, estos aspectos no alcanzan a deteriorar la calidad del agua cuando el caudal es normal, pero con la disminución de caudal durante la sequía, se ha deteriorado la calidad en la estación Río Illapel en El Peral, registrándose aumento de salinidad (conductividad).

- Para las tres estaciones subterráneas, el Mapa Hidroquímico de la DGA informa un promedio de boro, sobre norma NCH 1333 (0,75 mg/l), lo que no es correcto en vista del hecho que el límite de detección es de 1 mg/l. Lo mismo ocurre con el mercurio, cuyo límite de detección es de 0,002 mg/l, mientras que el límite de la norma es de 0,001 mg/l. Ambos límites de detección se encuentran por sobre el límite máximo permitido por la norma, lo que no permite emitir juicios en el caso de valores inferiores al límite de detección.

- Respecto de pesticidas, no hay información reciente. El SAG llevó a cabo una campaña en 2005 (Proyecto Más Región, SAG, 2005), en que analizó 23 pesticidas organoclorados y 9 pesticidas organofosforados, en 21 puntos de muestreo. En ninguna parte se registraron estos pesticidas, salvo en un punto de muestreo correspondiente a un canal, donde se encontró un valor levemente superior al límite de detección.

- Respecto de fertilizantes, las mediciones de nitratos que lleva la DGA en forma sistemática, muestran que no hay contaminación de nitratos ni tendencias de aumento en las aguas muestreadas en esta cuenca.

5.6 LA SITUACIÓN AMBIENTAL DE LOS CUERPOS DE AGUA, AIRE Y SEDIMENTOS

5.6.1 Aguas superficiales

Los detalles y conclusiones generales del análisis realizado, en conjunto con todas las fuentes de información, se presentan en el Anexo Capítulo 5.6.1.

A la fecha no es posible evaluar ambientalmente la cuenca del Choapa respecto a una norma de calidad de aguas. La DGA mide casi todos los parámetros requeridos por la norma NCh1.333 Of78 para uso en riego, con excepción de litio cítricos, vanadio, SDT, pesticidas y coliformes fecales. Para los otros usos de la misma norma, como vida acuática y recreación, la DGA no mide los parámetros requeridos: hidrocarburos y sustancias tóxicas como pesticidas, metales, cianuros, detergentes. La batería de parámetros es insuficiente como para afirmar que la DGA fiscaliza la calidad del agua en base a una Norma.

La cuenca del Choapa no cuenta con un anteproyecto de Norma Secundaria de Calidad Ambiental para aguas continentales superficiales y marinas. El Informe de Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua Según Objetivos de Calidad de la Cuenca del Río Choapa, presenta una iniciativa de clasificación de calidad de los cursos de agua de la cuenca basado en la Guía CONAMA para el establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas (en adelante Guía CONAMA). Propone tramos en la cuenca para análisis de calidad, y clases de calidad según Guía CONAMA.

A juicio de esta consultora, la base de datos de la DGA presenta algunos inconvenientes para la aplicación directa de la Guía CONAMA, que son los siguientes:

- No se encuentran monitoreados todos los indicadores físico-químicos, e inorgánicos.
- No se encuentran monitoreados los indicadores orgánicos.
- Algunos límites de detección de metales son superiores al límite de las clases propuestas para control.

Por otro lado no se encuentran definidas las áreas de vigilancia, las que no pueden designarse a priori sin la consulta de un comité operativo. Al trabajarse un anteproyecto se pueden definir niveles o valores ambientales de cada parámetro por área de vigilancia. Es necesario realizar un estudio estadístico de las bases de datos de calidad de aguas para establecer los valores ambientales, detectar sectores relevantes sin información y definir cuidadosamente las áreas de vigilancia de la cuenca. Por otro lado se deben definir los parámetros a evaluar, en base a presiones y usos en la cuenca.

El estudio "Investigación para el resguardo de ecosistemas acuáticos en la cuenca del Choapa" realizado el 2010, financiado por el Fondo de Protección Ambiental y ejecutado por la Junta de Vigilancia del río Choapa en conjunto con la Universidad de Chile, entregó resultados de diversos análisis físico-químicos y de recolección, observación e identificación de macroinvertebrados bentónicos. Estos son bíoindicadores que habitan en el ecosistema del río Choapa y sus afluentes, y que se convirtieron en sujeto de estudio debido a que su presencia o ausencia, en cantidad y tipo de especies, indican el

estado sanitario del ecosistema acuático. Los macroinvertebrados acuáticos seleccionados responden preferentemente a contaminación de tipo orgánico.

Los resultados de este estudio se resumen en la Tabla 5.6-1, adjunta.

Tabla 5.6-1 Comparación de índices bióticos de abundancia y riqueza

Indice\Estación	1 Puente Endesa		Indice\Estación	6 Huentelauquén
IBGN	Bueno		IBGN	Aceptable
IBF	Bueno		IBF	Aceptable
BMWP	Muy Bueno		BMWP	Aceptable
EPT	Buena		EPT	Regular
Indice\Estación	2 Cuncumén		Indice\Estación	7 San Agustín
IBGN	Aceptable		IBGN	Aceptable
IBF	Bueno		IBF	Bueno
BMWP	Bueno		BMWP	Muy bueno
EPT	Buena		EPT	Muy buena
Indice\Estación	3 Los Queñes		Indice\Estación	8 Chalinga
IBGN	Aceptable		IBGN	Aceptable
IBF	Aceptable		IBF	Bueno
BMWP	Muy bueno		BMWP	Bueno
EPT	Regular		EPT	Mala
Indice\Estación	4 Tambo		Indice\Estación	9 Las Burras
IBGN	Aceptable		IBGN	Bueno
IBF	Aceptable		IBF	Bueno
BMWP	Bueno		BMWP	Muy bueno
EPT	Regular		EPT	Regular
Indice\Estación	5 Doña Juana		Indice\Estación	10 El Peral
IBGN	Aceptable		IBGN	Deficiente
IBF	Aceptable		IBF	Aceptable
BMWP	Bueno		BMWP	Bueno
EPT	Buena		EPT	Regular

5.6.2 Áreas Protegidas

En julio de 2016 se concluyó la evaluación del proyecto Creación de un Sistema Nacional Integral de Áreas Protegidas para Chile: Estructura Financiera y Operacional, ejecutado por el Ministerio de Medio Ambiente. El Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) incluiría distintos tipos de áreas protegidas en el país, incluyendo públicas, privadas, terrestres y marinas, bajo distintas formas de gobernanza, así como su financiamiento sustentable.

En la cuenca del río Choapa existen tres áreas protegidas: la Reserva Nacional Las Chinchillas, el sitio RAMSAR Humedal Las Salinas de Huentelauquén, y el sitio prioritario Vegas de la Quebrada de Las Hualtatas (registro de Áreas Protegidas del Ministerio de Medio Ambiente).

El detalle de cada una de ellas se presenta en el Anexo Capítulo 5.6.2.

5.6.3 Calidad del aire

La generación de material particulado es un tema de preocupación para la comunidad de Cuncumén, según se manifestó en el taller N° 3 realizado en Salamanca.

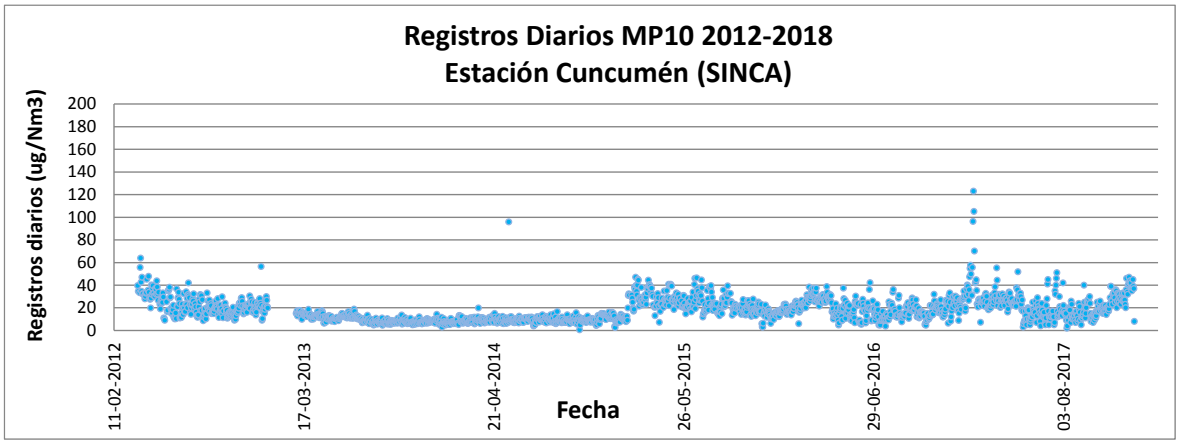
Lo que le molesta a la comunidad, según representantes de la mesa de Salamanca, son los límites que establece la normativa, que estipula un valor máximo promedio diario de 150 µg/Nm^3, y ellos esperan que ese valor represente un valor máximo promedio horario. Este planteamiento se debe a que durante algunas horas en la mañana, la concentración de polvo que perciben sería muy superior a 150 µg/Nm^3, reduciéndose en la tarde, pero manteniéndose bajo el promedio diario permitido. Esto ocurre porque durante la noche se registran condiciones de vientos descendentes que van en dirección hacia la zona de Cuncumén y que arrastran el material particulado desde el tranque Quillayes.

En la comuna de Salamanca se encuentra la estación de calidad de aire del Ministerio de Medio Ambiente, que mide entre otros parámetros, el material particulado MP10.

Datos reportados desde el 2012 indican que la calidad del aire de la estación de Medio Ambiente, no supera la Norma de Calidad Primaria para material particulado respirable MP10 que establece como promedio diario 150 ug/Nm^3.

La siguiente Figura 5.6-1 muestra el registro diario de MP 10 en el período 2012-2017. Se aprecia que no se supera el valor de 150b ug/Nm3.

Figura 5.6-1 Registro diario de MP10 en Cuncumén, SINCA



Fuente: http://sinca.mma.gob.cl

En la siguiente Tabla 5.6-2 se indican los valores máximos horarios de MP10 registrados entre 2012-2017. Como se puede observar, no hay una hora específica en la que se registran los máximos. Por otro lado, los días que registran valores sobre 150 ug/Nm^3, no superan la normativa vigente con sus promedios diarios.

Tabla 5.6-2 Estación calidad del aire Cuncumén

Propietario: Ministerio de Medio Ambiente
Comuna: Salamanca
Coordenadas UTM: 345907 E 6470680 N
Huso Horario: 19
Fecha primer registro: 01-04-2012

Fecha	Hora	Valor (ug/Nm^3)	Promedio diario (ug/Nm^3)
22-06-2012	8:00	285	36,8
	9:00	154,5	
17-12-2012	11:00	546,8	56,2
03-04-2014	15:00	317	51,6
	16:00	185	
23-05-2014	17:00	963	50,9
	18:00	462	
	19:00	260	
20-05-2015	10:00	152,3	45,3
08-08-2015	21:00	186	57,0
05-04-2016	12:00	208,9	27,3
03-06-2016	12:00	257,7	22,9
05-06-2016	20:00	196,5	14,3
25-08-2016	11:00	194,6	20,7
25-01-2017	19:00	167,3	96,4
	23:00	161,6	
26-01-2017	0:00	165,5	123,0
	1:00	158,9	
	18:00	165,5	
	19:00	157,2	
27-01-2017	8:00	153,8	105,1
29-01-2017	13:00	258,5	71,0
	14:00	242	
16-03-2017	20:00	150,6	40,8
	21:00	169,4	
	22:00	250,6	
17-03-2017	0:00	165	44,5
	6:00	188,8	
06-04-2017	8:00	211,2	35,1
30-04-2017	18:00	186,3	51,8
21-07-2017	5:00	158	24,0

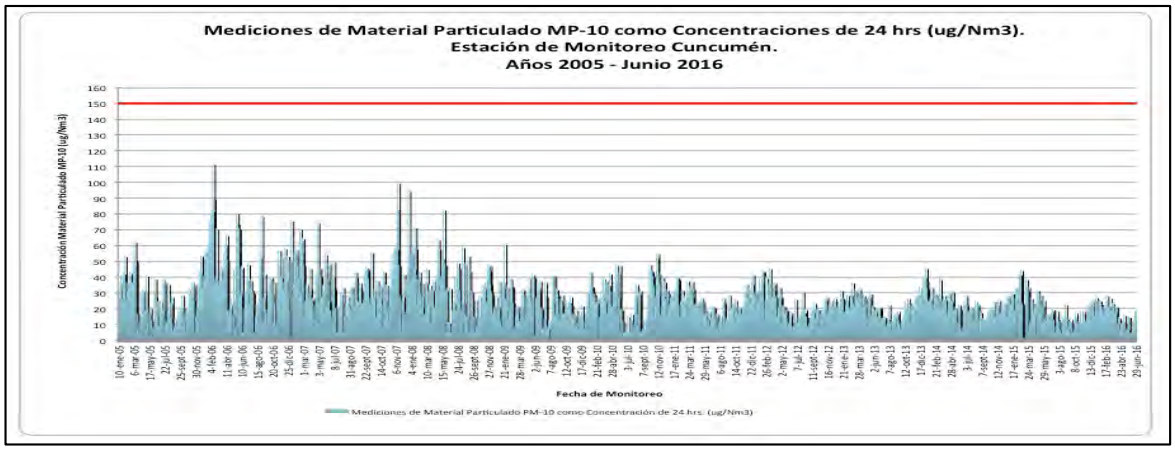
Fuente: http://sinca.mma.gob.cl

Por su parte, Minera Los Pelambres realiza monitoreos para medir la calidad del aire en cinco localidades de la Provincia de Choapa:

- Cuncumén
- Tranquilla
- Quelén Alto
- Camisas
- Caimanes

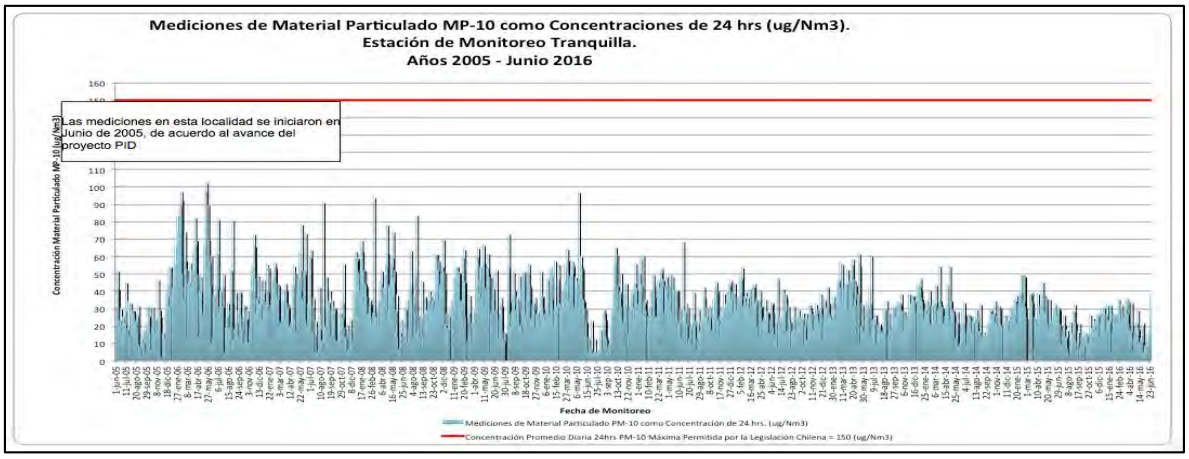
En las siguientes Figuras 5.6-2 a 5.6-6 se muestran las concentraciones promedio diarias, donde se aprecia que en ninguna estación se supera el límite de la norma de 150 ug/Nm3.

Figura 5.6-2 Registro diario de MP 10 período 2005-2016 Estación Cuncumén



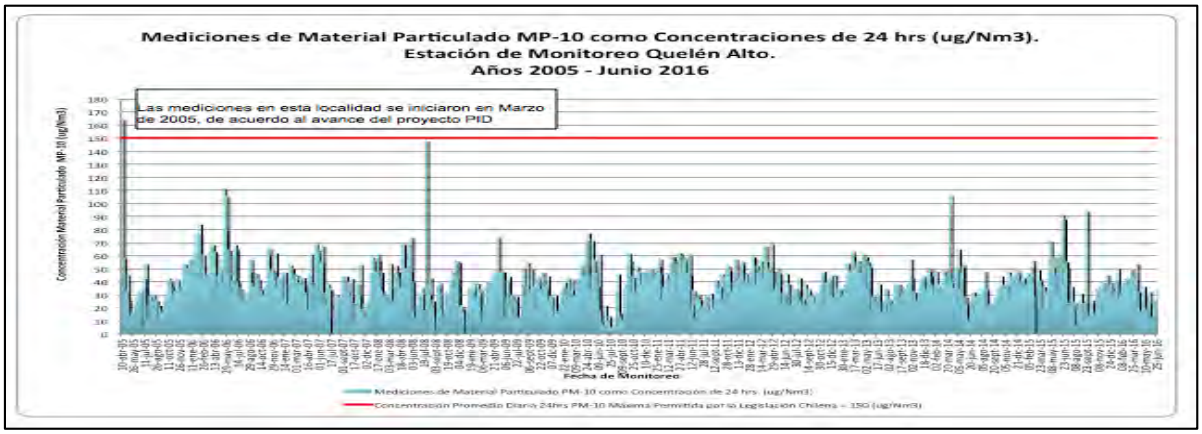
Fuente: Minera Los Pelambres

Figura 5.6-3 Registro diario de MP 10 período 2005-2016 Estación Tranquilla



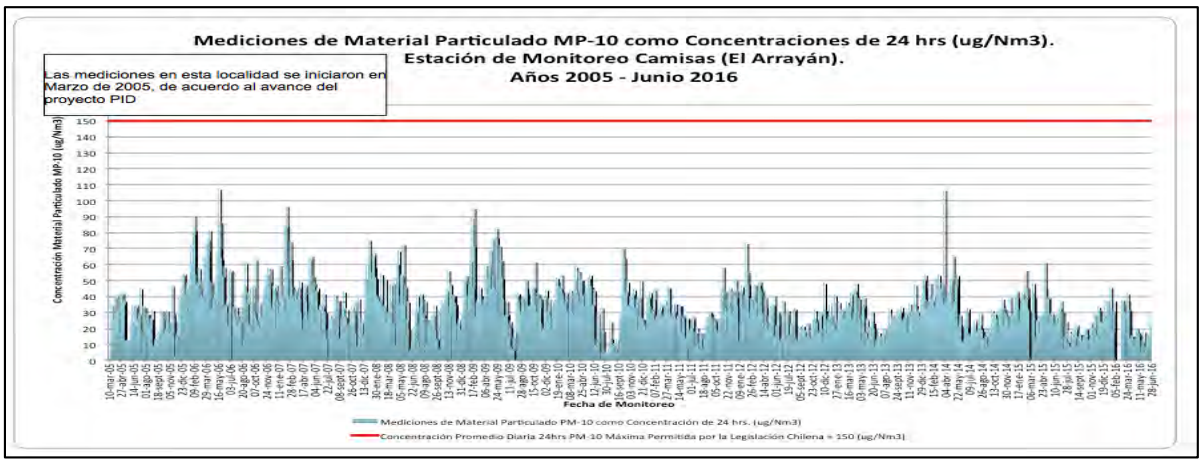
Fuente: Minera Los Pelambres

Figura 5.6-4 Registro diario de MP 10 período 2005-2016 Estación Quelén Alto



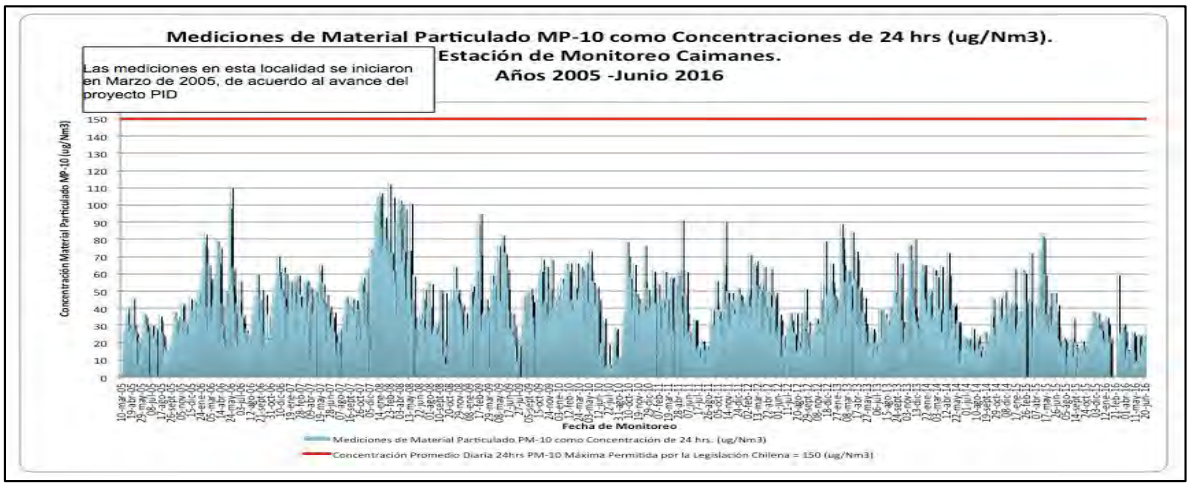
Fuente: Minera Los Pelambres

Figura 5.6-5 Registro diario de MP 10 período 2005-2016 Estación Camisas



Fuente: Minera Los Pelambres

Figura 5.6-6 Registro diario de MP 10 período 2005-2016 Estación Caimanes



Fuente: Minera Los Pelambres

Como conclusión se puede decir que los registros, si bien tienen máximos horarios ocasionalmente sobre 150 ug/m3, como promedios diarios no superan ese valor, que es el límite de la norma. La norma no regula los máximos horarios.

5.6.4 Calidad de sedimentos fluviales

Los recursos hídricos y su entorno constituyen un sistema, que se ve afectado con los cambios físicos y químicos que se producen en él. Es por eso que se hace relevante el análisis de la calidad de los sedimentos fluviales, que están en equilibrio con la calidad de las aguas.

Es necesario destacar, que Chile no cuenta con normativa asociada a sedimentos fluviales, y por tal razón, en algunos estudios se recurre a la normativa internacional como la Guía Canadiense (CCRM, 1987) y el Real Decreto Español 60.2011, a modo referencial.

En relación a sedimentos fluviales se presentan 4 estudios realizados entre 2005 y 2015. El primero se trata del estudio "Metales pesados en sedimentos del drenaje de la cuenca del río Choapa, región de Coquimbo: interpretación geoquímica y riesgos ambientales (Agosto 2005 – Agosto 2006)", financiado por la Dirección de Investigación de la Universidad de La Serena, realizado por Oyarzún et al, 2007, y citado en la tesis "Influencia de la Actividad Minera en la Calidad de las Aguas del Río Choapa y de sus Afluentes", 2006, Universidad de La Serena, escrita por Amparo Parra. El segundo estudio corresponde a "Análisis de la Composición Físico Química de los Sedimentos Fluviales y su Relación con la Disponibilidad de Metales en Agua, Cuenca del Río Choapa", realizado el 2010 por la DGA y ejecutado por el Centro Nacional de Medio Ambiente. El tercer estudio corresponde al Proyecto "Seguimiento Ambiental Integral", 2011-2014 de la Junta de Vigilancia del Río Choapa y ejecutado por INIA Intihuasi. El último estudio corresponde al Informe Técnico "Calidad de Aguas Superficiales, Subterráneas y Sedimentos Fluviales de Cuncumén", 2012-2014 realizado por la Mesa del Agua del Río Cuncumén.

A continuación se reseñan los principales resultados y conclusiones de estos estudios. Una descripción más detallada de su contenido se encuentra en el Anexo Capítulo 5.6.4.

a) Estudio Universidad de La Serena, 2005-2006

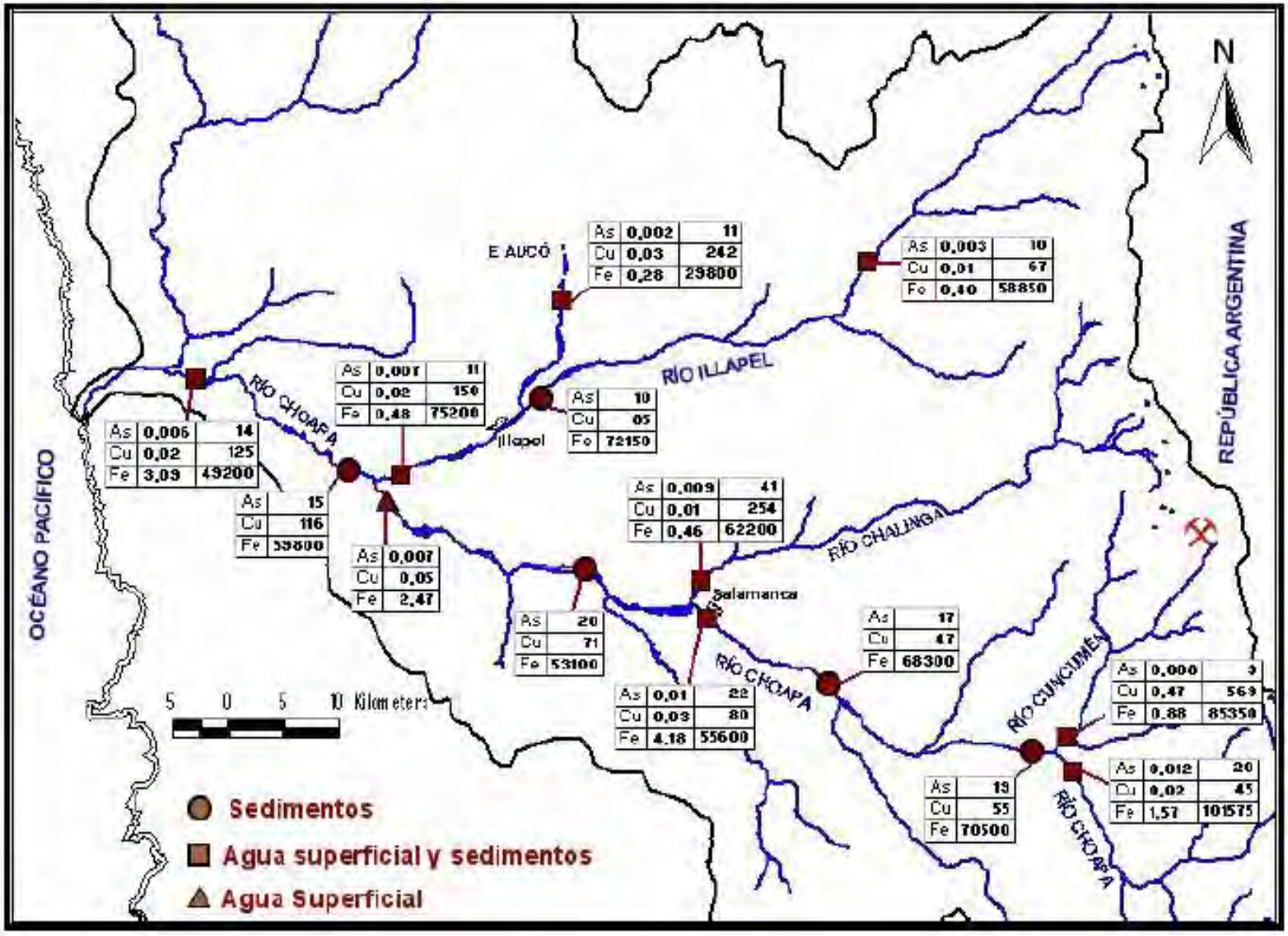
Para este primer estudio, los resultados se muestran en la Figura 5.6-7 adjunta. Las principales conclusiones fueron las siguientes:

- Las aguas superficiales, excepto las del Río Cuncumén, mostraron bajo contenido de Cu, y un pH neutro a alcalino, por lo que se consideró probable que el metal fuera transferido a los sedimentos fluviales finos. Sin embargo, el muestreo de sedimentos realizado en toda la cuenca (Oyarzún *et al.*, 2007) mostró que, excepto en el caso del Río Cuncumén, con 570 ppm, las muestras tomadas a lo largo del curso del Río Choapa tenían un promedio de sólo 73 ppm y un máximo de 125 ppm, valores no excesivamente mayores respecto de las cifras mundiales de referencia (promedio mundial de 33 ppm, Bowen 1979, citado por Spark 1995).

- Las concentraciones de As en las aguas se encuentran relacionadas positivamente con el contenido en los sedimentos. En el río Choapa ellas tienden a disminuir hacia aguas abajo. En el río Illapel ambas presentan un mínimo aumento hacia aguas abajo. En general no existen significativas fuentes que aporten arsénico en la cuenca del río Choapa. Evidencia de ello es que el contenido promedio de las 23 muestras de sedimento analizadas, es mayor solamente en un factor de 1,9 al promedio mundial de sedimentos fluviales (7,7 ppm; Bowen 1979, citado por Spark 1995).

- En cuanto al Fe, en el río Choapa la relación de concentraciones de Fe entre el agua y los sedimentos es inversa. Dicho comportamiento puede estar asociado al período de deshielo, cuando generalmente debido a turbulencia, el Fe es removido de los sedimentos, pasando a la solución como material en suspensión. En el río Illapel, la relación es directa, ya que a lo largo de su curso aumentan levemente las concentraciones de Fe tanto en las aguas como en los sedimentos. Este enriquecimiento de los sedimentos podría estar dado por el aporte de fuentes puntuales de Fe situadas en la subcuenca del río Illapel.

Figura 5.6-7 Concentraciones de As, Cu y Fe (ppm), en aguas superficiales y sedimentos



b) Estudio DGA, 2010

En este segundo estudio, se realizaron 4 campañas de monitoreo de sedimentos, una por cada estación del año. Las estaciones de monitoreo fueron las siguientes:

- Río Choapa en Cuncumén.
- Río Cuncumén antes de junta con río Choapa
- Río Choapa en Salamanca
- Río Choapa en Puente Negro
- Río Illapel en puente El Peral
- Río Choapa en Huentelauquén

A continuación se muestran los resultados de monitoreo por parámetro analizado.

i) Parámetros físico-químicos, cationes, aniones, metales pesados solubles, intercambiables y ligados a carbonatos.

- pH: entre 6,6 (río Cuncumén antes Choapa) y 8,6 (río Choapa en Cuncumén)
- Conductividad (CE): entre 100 uS/m (Choapa en Cuncumén) y 3200 uS/m (Illapel en El Peral)
- Materia Orgánica (MO): entre 0,2 % (Choapa en Cuncumén) y 7,8 % (Illapel en puente El Peral)
- Fósforo: entre 3,8 ppm (Choapa en Cuncumén) y 35,9 ppm (Choapa en Puente Negro)
- Sodio: entre menor al límite de detección (<LD) (Choapa en Salamanca, Choapa en Cuncumén y Choapa en Huentelauquén) y 63,8 ppm (Puente Peral)
- Potasio: entre 2,0 ppm (Choapa en Cuncumén) 44,6 ppm (Puente El Peral)
- Calcio: entre 1,2 ppm (Choapa en Cuncumén) y 103,0 ppm (Huentelauquén)
- Magnesio: entre <LD (Salamanca y Puente Negro) y 65,0 ppm (Puente El Peral)
- Cloruro: entre <LD (Huentelauquén) y 35,3 ppm (Puente El Peral)
- Nitrato: entre <LD en varios sitios y 41,5 ppm (Huentelauquén)
- Sulfato: entre 10,6 ppm (Choapa en Cuncumén) y 748 ppm (Puente Peral). Origen aparente, actividad minera y urbana.
- Carbonato: entre 2,5 ppm (Choapa en Cuncumén) y 127 ppm (Huentelauquén)
- Zinc: entre 2,8 ppm (Puente Negro) y 270,8 ppm (Cuncumén en Choapa)
- Cobre: entre 0,4 ppm (Salamanca) y 5946,7 ppm (Cuncumén en Choapa, primera campaña)
- Aluminio: entre <LD (Puente Negro y Puente Peral) y 230,2 ppm (Cuncumén en Choapa)
- Manganeso: entre 19,4 ppm (Salamanca) y 591,9 ppm (Cuncumén en Choapa)
- Hierro: entre 0,7 ppm (Puente Negro) y 1230,3 ppm (Cuncumén en Choapa)

ii) Óxidos de Aluminio, Hierro y Manganeso

Los metales pesados se pueden encontrar en numerosos formas químicas, lo cual depende del pH, potencial redox, cantidad de materia orgánica, concentración de carbonato, etc.

Muchos de estos elementos se encuentran formando óxidos, los cuales son difícilmente disueltos y la probabilidad de pasar a la columna de agua es escasa, sin embargo estas superficies tiene carácter adsorbente por ser de carga variable pudiendo así, adsorber otros metales pesados, los que sí pueden ser fácilmente liberados.

Estos óxidos se determinaron sólo en la primera y segunda campaña. La distribución de los óxidos de Aluminio, Hierro y Manganeso es relativamente similar en ambas campañas, debido a la estabilidad de estas especies químicas.

El óxido mayoritario es Hierro, cuya concentración es relativamente constante en todas las estaciones en ambas campañas.

Aluminio tiene la concentración más alta en río Cuncumén en ambas campañas (0,25 y 0,24 % respectivamente), debido probablemente a residuos mineros, luego decrece en los otros sitios.

Manganeso es minoritario en ambas campañas y en todas las estaciones.

iii) Silicatos

El porcentaje de silicatos en sedimentos es de gran interés por ser un parámetro que indica el grado de dificultad de ataque de la muestra y por tanto del proceso de digestión, así como por considerarse el silicio un elemento conservador no influido por la contaminación ambiental (Solomons y Förstner, 1984; Casas, 1989).

Los porcentajes de silicatos son relativamente similares en ambas campañas, excepto la estación Choapa en Puente Negro, campaña verano, en que el porcentaje fue más bajo (49,2%), esto se debería a una disminución de partículas finas en esta estación. Los valores fluctuaron entre 78,9% en Cuncumén antes de junta con río Choapa para las campañas de primavera y verano y 49,2% para Choapa en Puente Negro en verano.

c) Proyecto Seguimiento ambiental integral 2011-2014, JV río Choapa − INIA

En el estudio se analizan los resultados de diez campañas de muestreo de sedimentos: invierno y primavera 2011; verano y otoño 2012; otoño, invierno y primavera 2013; verano 2014, otoño e invierno 2015.

Estaciones de monitoreo:

- Río Choapa en Batuco
- Río Cuncumén antes de Junta con río Choapa
- Río Choapa bajo de confluencia con río Cuncumén
- Río Choapa en Salamanca
- Río Choapa en Puente Negro
- Río Illapel en Puente El Peral
- Río Choapa en Huentelauquén

Se analizaron 41 parámetros de las siguientes categorías:

- Parámetros de salinidad
- Micronutrientes esenciales para las plantas
- Metales no esenciales (tóxicos)
- Compuestos orgánicos
- Parámetros microbiológicos
- Otros parámetros

Se registraron los siguientes parámetros bajo el Límite de Detección (LD) (LD = concentración más baja que es capaz de detectar el instrumento de laboratorio que realiza el análisis)

Estaño Total	< 4,6 mg/Kg
Mercurio Total	< 1 mg/Kg
Plata Total	< 0,60 mg/Kg
Hidrocarburos Volátiles	< 2 mg/Kg

Las conclusiones del estudio fueron las siguientes:

- En general, se han encontrado concentraciones bajas y constantes de materia orgánica en la cuenca en estudio. Este parámetro es importante, debido a la posibilidad de formación de compuestos orgánicos estables con los metales pesados.
- Dentro de los siete puntos monitoreados, históricamente las mayores concentraciones de metales esenciales, se han presentado en el río Cuncumén. Utilizando la normativa referencial "Guidelines for the protection and management of aquatic sediment quality in Ontario", el cobre y arsénico han sobrepasado el valor referencial en dicha estación de monitoreo.
- Manganeso y molibdeno se presentaron más elevados en la parte alta de la cuenca en relación a las estaciones de menor altitud geográfica desde Salamanca hasta Huentelauquén.
- En cuanto a los metales no esenciales, las mayores concentraciones se encontraron también en la estación del río Cuncumén. Arsénico, se presentó ocasionalmente sobre las concentraciones referenciales en dicha estación, así como también en río Choapa aguas abajo del río Cuncumén y en río Illapel en el Peral.
- Se destaca que aun cuando se han presentado concentraciones elevadas de metales, las elevadas concentraciones de calcio, magnesio y sodio halladas, que otorgan una elevada dureza del agua, impiden que estos metales se presenten en la fracción que puede estar disponible afectando la fauna bentónica.
- En la Cuenca del río Choapa, aún no se observan correlaciones significativas entre los metales comúnmente hallados en mayor concentración tanto en las aguas de los ríos, como en los sedimentos fluviales.
- En el río Cuncumén, propiamente tal, se halló una correlación significativa con un R^2 de 0,7777 (77%); entre el Manganeso del agua y el Cobre de los sedimentos.
- Otra relación hallada en el río Cuncumén, con R^2 de 0,671, se observa entre el Fe del agua y el Cu de los sedimentos.
- Se concluye que el "n muestral" es aún muy bajo para obtener correlaciones fuertes entre contenido de metales en el agua y sedimentos.

d) Mesa del Agua del río Cuncumén 2012-2014

En este estudio se realizaron 9 campañas de monitoreo de sedimentos: verano, otoño, invierno, primavera 2012, verano, otoño, invierno, primavera 2013 y verano 2014.

Las estaciones de monitoreo fueron las siguientes:

- Río Choapa en Batuco
- Río Cuncumén antes de junta con río Choapa
- Río Choapa bajo confluencia con río Cuncumén

Se realizaron correlaciones entre pares de elementos detectados en aguas superficiales y sedimentos de los análisis obtenidos por la Mesa del Agua.

Las conclusiones fueron las siguientes:

- En cuanto al pH en las diferentes estaciones analizadas en Choapa y Cuncumén, se presentaron condiciones más alcalinas en la estación Choapa en Batuco, mientras que la estación Cuncumén antes del río Choapa presentó pH menores más cercanos a la neutralidad.
- Las concentraciones de sodio total, se presentaron más elevadas en las estaciones del río Choapa. Probablemente se deba a contaminación antrópica asociada a los fertilizantes y pesticidas aplicados en la zona, que son incorporados al lecho del rio mediante procesos de escorrentía.
- Las concentraciones de fósforo total, se presentaron similares entre estaciones y la normativa referencial de Ontario fue únicamente sobrepasada en la estación Cuncumén antes del Choapa en verano de 2014.
- Dentro de los metales esenciales, no se apreciaron diferencias entre las concentraciones de hierro total y manganeso total entre las estaciones de Choapa y Cuncumén.
- En cuanto al cobre total, se presentó mayor en la estación Cuncumén antes del Choapa y sobre la normativa referencial aplicada, al igual que el molibdeno total.
- Zinc total no ha sobrepasado los valores referenciales.
- En cuanto a los metales no esenciales, arsénico total, en Cuncumén antes del Choapa presentó mayores niveles en primavera e invierno 2012, lo cual no ha vuelto a repetirse.
- Aluminio total, se presentó similar entre estaciones y no presenta normativa referencial aplicable.
- Aun cuando se han presentado concentraciones elevadas de metales, el alto contenido de calcio, magnesio, sodio, que otorgan una elevada dureza al agua, impiden que estos metales estén disponibles para afectar la fauna bentónica.

e) Comentario general

Todos los estudios coinciden en el mayor contenido de metales en los sedimentos del río Cuncumén antes de la junta con el río Choapa, por lo que se recomienda mantener un constante monitoreo en el río Cuncumén a lo largo del tiempo, tanto de aguas como de sedimentos, considerando el crecimiento de las explotaciones de Minera Los Pelambres.

Por otro lado se recomienda evaluar los depósitos de relaves, desde el punto de vista mineralógico, determinando el riesgo ante eventos extremos.

5.7 INFRAESTRUCTURA DE APROVECHAMIENTO Y REGULACIÓN

5.7.1 Embalses

a) Embalse Corrales

Fue inaugurado en el año 2000, para abastecer a un universo de 10.092 hectáreas. Ubicado a 710 msnm, tiene una capacidad de almacenamiento de 50 millones de m^3. Corrales se ubica sobre el estero Camisas, afluente al río Choapa, y se abastece desde ambos. Los terrenos de riego van desde Cuncumén hasta la desembocadura del Choapa en el sector de Huentelauquén, y se conformaban en un 80,4% de áreas que previamente eran de riego (e incrementaron su seguridad de riego a un 85%) y de 19,6% de terrenos que eran de secano previo a la construcción del embalse. El 88% de los predios favorecidos con el embalse poseen menos de 10 hectáreas. La red de distribución consta de 4 canales matrices, que en conjunto abarcan 36,9 km de longitud (CNR, 2004). La constitución del embalse considera 10.872 acciones, con 4.600 m^3 embalsados por acción. La Junta de Vigilancia del río Choapa hará la devolución en 25 años del costo de construcción de la obra. En la actualidad, Corrales está a plena capacidad.

La Junta de Vigilancia del río Choapa asume la administración del embalse Corrales, existiendo un plan de pago por la inversión a 25 años plazo y 4 de gracia. El embalse permitirá el aumento de la seguridad de riego a un 85% del sector Choapa Alto y Medio. El diagrama unifilar de los canales de la JV Choapa se encuentra en www.jvriochoapa.cl.

b) Embalse El Bato

Con capacidad de 26 millones de m^3, ubicado a 860 msnm, sobre el río Illapel, tiene una superficie de 17 hectáreas. Construido para regar 6.034 ha (CNR, 2004) que se componen de 2.873,8 ha en el valle del río Illapel bajo la cota del canal, 640,4 ha ubicadas también en el valle del Illapel pero sobre la cota del canal, y 2.520 ha localizadas en terrazas altas del río Choapa. El 68% de las propiedades involucradas tienen menos de 10 ha. CNR (2004) destaca que existen 47 canales, los cuales abarcan 206 kilómetros y agrupan 4.147 acciones en Illapel. Asimismo, se agregan 16 canales y 347 derechos de agua inscritos (CNR, 2004) en los canales afluentes del río Illapel.

El análisis de escenarios, sin embargo, conduce a que se planifique una seguridad de 85% de las hectáreas probables de ser regadas, es decir 5.551 ha, vale decir riega 3140 hectáreas, pero su diseño permitiría aumentar su almacenaje y potencial de riego a más de 5.500 hectáreas.

5.7.2 Canales y su equipamiento

A continuación se entrega una visión de lo que es la infraestructura de canales de la cuenca del rio Choapa, a partir de las siguientes fuentes consultadas:

- Sitio oficial de la Junta de Vigilancia del Río Choapa. disponible en http://www.jvriochoapa.cl
- CNR, s/i. Anexo organizaciones de regantes Río Chalinga. Programa aplicación desarrollo territorial pequeños agricultores, Provincia del Choapa. Código BIP 20192680-0.

- CNR, 2004. Diagnóstico base de los embalses el Bato y Corrales, IV Región"
- CNR - Infraeco, 2016. Estudio básico diagnóstico para desarrollar plan de riego en cuenca del Choapa y Quilimarí informe final.
- DGA - CONIC-BF, 2002. Levantamiento y catastro de bocatomas en cauces naturales, III etapa informe final.
- DGA - CONIC-BF, 2013. Diagnóstico plan maestro para la gestión de recursos hídricos, Región de Coquimbo.
- DGA - REG, 1991. Estudio de síntesis de catastros de usuarios de agua e infraestructuras de aprovechamiento. 246 pp.
- SIG cobertura de canales de CNR 2005.
- Conversaciones con los presidentes o gerentes técnicos de cada una de las Juntas de Vigilancia.
- Conversación con Coordinadora del PDT

De acuerdo con la información recopilada de las fuentes señaladas, se tiene que, a nivel de la cuenca de Choapa, se cuenta con una red de 1.188,69 km aproximadamente, siendo el desglose por Junta de Vigilancia el siguiente:

- Junta de Vigilancia del Río Choapa: 596,6 km de red aproximado
- Junta de Vigilancia del Río Chalinga: 140,65 Km de red aproximado
- Junta de Vigilancia del Río Illapel: 451,44 Km de red aproximado

a) Junta de Vigilancia del Río Choapa y sus afluentes

La jurisdicción de la Junta de Vigilancia del río Choapa alcanza desde la cordillera de Los Andes hasta el mar, incluyendo las cuencas de los ríos Valle y Cuncumén, y sólo excluye las subcuencas de Chalinga e Illapel, que tienen sus propias juntas de vigilancia.

La jurisdicción de la Junta de Vigilancia congrega a 92 Comunidades de Aguas, 57 de las cuales actualmente tributan a la institución, correspondiendo al 96,6% de los derechos de aprovechamiento administrados por ella (CNR, 2004).

En cuanto al estado de la infraestructura de canales, a nivel general, presenta grandes pérdidas. La longitud revestida de los canales principales o secundarios es muy reducida, no superando el 30% de su longitud. A esto se suma que muchos de los revestimientos son antiguos, de mampostería de piedra. Se estima que las pérdidas por conducción ascienden al 50% en algunos canales. Existe un caso en el canal Los Loros, que posee una pérdida cerca del 80% por este concepto. Sin embargo no hay estudios actualizados donde se identifiquen las pérdidas en los canales principales (CONIC-BF, 2013).

En la Tabla 5.7-1, compilados para el presente estudio, se incluyen los principales canales de la jurisdicción,

Tabla 5.7-1 Red de canales Junta de Vigilancia Río Choapa

Nombre Canal	Longitud Km	Acciones	Capacidad	N° regantes	Ha bajo riego
BATUCO	0,4	88,02	105,62	74,00	89,00
RODADERO	16,1	238,20	350,00	45,00	240,00
PANGUE O INQUILINO	27,9	224,78	300,00	142,00	224,00
MOLINO DE TRANQUILLA	9,6	230,18	300,00	119,00	230,00
MINERA LOS PELAMBRES	1,2	SI	1.133,16	4,00	19,00
ARAYA	14,1	323,11	293,23	30,00	320,00
SILVANO	47,0	1.312,00	1.510,93	195,00	1.300,00
BARRACO GRANDE	16,8	100,10	439,5	82,00	252,00
MOLINO LOS RANCHOS	8,3	100,00	350,00	181,00	261,00
EL PAVO	8,0	149,13	180	74,00	149,00
AGUAS CLARAS DE CHILLEPÍN	2,6	100,00	25	11,00	48,40
EL SAUCO	8,0	262,10	346,01	67,00	260,00
BARRACO CHICO	3,0	100,00	50	4,00	29,00
BREAS O MOLINO DE LLIMPO	16,8	1.000,00	978	121,00	426,00
MOLINO DE QUELÉN	7,0	103,90	124	65,00	105,00
PANGUESILLO UNO	15,0	350,43	500,00	185,00	350,00
HIGUERAL	16,5	349,34	464,73	159,00	350,00
PANGUESILLO DOS	4,1	81,83	100,00	20,00	83,00
EL PARDO	17,5	428,75	530,00	150,00	328,60
EL QUEÑE	5,9	89,27	100	33,00	90,30
POBLACIÓN	12,0	350,89	387,38	235,00	226,50
BUZETA	95,4	100,00	3.000	450,00	2.500,00
AGUAS CLARAS DE SALAMANCA	2,1	15,81	140,23	10,00	25,00
CARACHA	15,3	403,20	500	217,00	400,00
EL BOLDO	30,8	714,53	800	132,00	750,00
TAHUINCANO	7,2	350,98	350,00	142,00	324,00
LAS VIUDAS	7,5	103,38	231,19	53,00	217,50
CAMISAS O BATITO	3,7	18,00	20	7,00	80,20
JOTE	3,5	107,25	120,00	33,00	123,70
LOS LOROS O DEL MEDIO	4,0	100,00	53,00	4,00	10,50
MOLINO DE PERALILLO	8,5	285,68	337,00	32,00	266,00
MOLINO DE CHOAPA	SI	66,78	70,00	SI	SI
PINTACURA ALTO O SUR	25,0	100,00	658,61	76,00	470,00
PINTACURA BAJO O NORTE	3,1	100,00	200,00	11,00	15,70
OTROS*	125,5	1.649,44	3.033,16		
TRASLADO A POZOS					
Total	596,6	8.447,64	18.080,75	3.163,00	10.563,40

En los veranos del 2012 y 2013 se realizó el diagnóstico de 15 canales administrados por la Junta de Vigilancia del Río Choapa, todos con influencia del embalse Corrales, con foco en la presentación de proyectos a la Ley 18.450. Durante el año 2017, en el marco del PDT "Programa de Difusión Tecnológica en Uso Eficiente de los Recursos Hídricos y al Optimización de las Inversiones Público-Privadas en Obras de Riego Extra e Intra Predial en el área de Influencia de la Junta de Vigilancia del Río Choapa y sus Afluentes", ejecutado por CRDP-ULS-JVRCh, se abarcaron los otros 18 canales bajo influencia de Corrales diagnosticando obras y realizando corridas de aforo para determinar posibles tramos a mejorar mediante proyectos de la Ley 18.450.

Por otra parte, en el Programa CNR "Transferencia Tecnológica para Mejorar Gestión de Recurso Hídrico en Choapa Bajo" (que abarca desde el puente Confluencia hasta Huentelauquén, por el río Choapa, y cauces afluentes), en ejecución, se está efectuando el diagnóstico de obras bajo estándar CNR en la perspectiva de priorizar la presentación de proyectos a la Ley de Riego.

Se estima que en este tema por el momento no sería necesario incluir nuevas acciones en el Plan. Solamente habría que estar atentos al desarrollo y resultados de las iniciativas que se encuentran en curso y por ejecutar.

En cuanto a equipamiento tecnológico, entre los años 2015 y 2016, la Junta de Vigilancia instaló 34 compuertas automatizadas con telemetría, con tecnología Flume Gate. Éstas fueron gestionadas mediante concursos de la Ley de Riego 18.450, con un costo total de $1.500.000.000. Incluyó la instalación de dispositivos para comunicaciones (antenas repetidoras), obras civiles y compuertas, y sala de control en dependencias de la Junta de Vigilancia del Río Choapa.

Este proyecto fue inaugurado en julio de 2017, bajo el nombre de "Telemetría de Control y Medición del Río Choapa", aunque su operación efectiva comenzó aproximadamente en octubre de 2016.

Las principales dificultades para la operación y mantención han sido dos:

- Actos de vandalismo en compuertas cercanas a la ciudad de Salamanca (canales Población, Caracha y Aguas Claras de Salamanca), mediante hurtos de placas fotovoltaicas y/o destrozos de infraestructura.

- Desbordes en las descargas producto de acumulación de sedimientos en las obras.

Debido a lo anterior, hubo que realizar obras adicionales, como instalación de cercos y cámaras de vigilancia en los 34 sitios, y mejoramiento de obras civiles para facilitar el flujo del agua a nivel de bocatoma. Esto ha significado desembolsar aproximadamente $150.000.000 adicionales.

Como perspectivas, se considera instalar sensores de calidad de aguas (pH y conductividad eléctrica), en 5 ó 6 canales con compuertas automatizadas, para aprovechar esta tecnología en caso de eventos ambientales asociados a la actividad minera (MLP). Esto se pretende gestionar durante el año 2018, mediante concursos de la Ley 18.450.

Por ahora, no se tiene contemplado instalar nueva telemetría y compuertas automatizadas en otros canales. Sin embargo, las instalaciones existentes requerirán instalar nuevo soporte de comunicaciones porque el sistema actual opera al límite de su capacidad en esta materia.

b) Junta de Vigilancia del Río Chalinga y sus afluentes

La jurisdicción de la Junta de Vigilancia del río Chalinga comprende desde la Cordillera de Los Andes hasta la confluencia con el río Choapa, y respecto a las quebradas Cunlagua, Manquehua y Jarillas desde el lugar de su nacimiento en la Cordillera hasta su desembocadura en el citado río Chalinga (CNR, 2004).I

La jurisdicción de la Junta de Vigilancia congrega a 46 Comunidades de Aguas, 19 de las cuales poseen bocatomas en el cauce principal (río Chalinga), otras 21 poseen dispositivos de captación de aguas en afluentes y 6 se encuentran ubicadas en vertientes (CNR, 2004).

La subcuenca del Chalinga no es una zona rica en cultivos, es más bien de pequeños agricultores, que utilizan el agua para regar sus árboles frutales y praderas. Concordantemente, los canales se encuentran en condiciones bastante precarias, sin existir una mantención adecuada para evitar filtraciones y extraer la vegetación (CNR, 2004).

La mayoría de los canales están excavados en tierra y la mayoría se encuentra sin revestimiento, sólo en algunos tramos se observa la presencia de revestimiento de mampostería de piedra canteada. Las bocatomas son rústicas y de fácil reposición, los principales canales poseen aforadores y compuertas en estado regular, existen aportes de vertientes para algunos canales lo que asegura el riego continuo (CONIC-BF 2013).

No existen grandes obras en los canales, pero cabe destacar que se observan obras de arte en cruces de caminos y quebradas. Las quebradas son un problema, pues al bajar el agua, el material destruye los canales. Además, hay constante caída de sólidos al canal. Las compuertas existentes se encuentran en mal estado y las entregas que no poseen compuertas, poseen un sistema rústico de tacos para la entrega de agua. Se destaca como problema principal la falta de embalses de regulación y espacios físicos para su posible construcción (CONIC-BF, 2013).

En la siguiente Tabla 5.7-2, compilada para el presente estudio, se presenta el detalle de los canales.

Tabla 5.7-2 Red de canales Junta de Vigilancia Río Chalinga

Nombre Canal	Extensión Km	Acciones CNR Anexo	l/s JVRCHal	N° regantes	Ha bajo riego
GAVINO	0,73	SI	30,00	1,00	36,00
DESTILADERA	0,71	SI	76,00	21,00	1,12
BATUCO DE CHALINGA	19,50	205,83	300,00	123,00	202,82
MOLINO DE ZAPALLAR	3,35	59,00	59,00	19,00	84,00
TOMA RANQUE	1,40	SI		6	3,37
PALQUIAL O MOLINO DE SAN AGUSTIN	10,00	245,20	290,00	26,00	243,50
CANELO O VALENTINO	3,00	18,20	3,00	2,00	18,20
MARAVILLAL O LA VIÑA	2,96	26,30	31,56	4,00	18,20
ALAMEDA	1,60	27,40	28,00	2,00	0,50
HUANQUE	7,20	109,26	140,00	81,00	133,15
CUNLAGUA	11,30	116,10	200,00	127,00	14,50
BRUJO UNO	0,15	SI	SI	9,00	6,00
BRUJO DOS	0,04	SI	SI	1,00	1,00
BRUJO TRES	0,13	SI	SI	1,00	1,00
BRUJO CUATRO	0,17	SI	SI	1,00	2,00
CHAÑAR	1,48	40,26	50,00		
ARBOLEDA GRANDE	7,00	104,93	50,00	153,00	2,00
INFIERNILLO	0,58	SI	SI	1,00	2,00
EL TEBAL	15,50	172,00	230,00	242,00	165,18
CHILCAS	6,50	103,00	120,00	67,00	59,94
CANCHA BRAVA	6,50	98,78	119,00	50,00	115,60

Nombre Canal	Extensión Km	Acciones CNR Anexo	l/s JVRCHal	N° regantes	Ha bajo riego
SAUCO	0,59	SI	SI	12	4,25
CANELO	0,55	SI	SI	16	12,7
QUEBRADA MALA	2,20	272,00	16,00	13,00	0,23
TOMA EL QUILLAY	1,30	192,00	12,00	6,00	5,60
JARILLAS	3,00	445,00	69,00	18,00	5,00
QUILLAY JARILLAS	0,18	12,00	8,00	2,00	8,00
EL SAUCE	0,72	117,00	20,00	5,00	0,21
LAS PALMAS	0,51	72,00	16,00	1,00	1,00
LOS NOGALES	1,00	89,00	10,00	1,00	3,00
ANGOSTURA	0,40	1,95	8,00	2,00	1,95
PEÑÓN	2,44	192,00	23,00	8,00	14,10
EL CHORRO	2,21	SI	SI	11	9,464
LA VERDE	3,00	190,00	63,00	36,00	2,00
SANTA JULIA	0.116	SI	SI	1,00	7,00
LAS BARRANCAS	3,00	192,00	26,00	2,00	25,00
ZANJÓN	0,49	94,00	16,00	2,00	0,20
PORFIADO	0,30	168,00	8,00	2,00	0,08
TOMA RAMOS	0,25	SI	SI	1,00	6,00
TOMA SAN FRANCISCO	0,50	146,00	8,00	10,00	6,60
TOMA EL CANELO	1,50	96,00	12,00	5,00	7,10
TOMA LAS BARRANCAS	1,50	96,00	12,00	4,00	7,10
TOMA EL ALGARROBO	0,90	168,00	15,00	9,00	11,90
PITON	SI	SI	10,00	SI	SI
TOMA EL CARRIZO	1,00	72,00	15,00	4,00	5,00
TOMA LUCILLAL N°1	1,20	101,00	9,00	15,00	5,60
LUCILLAY N°2	1,30	75,00	7,00	10,00	6,00
QUILLAYAL	SI	22,00	15,00	3,00	1,08
VERTIENTE SAN FRANCISCO	0,60	4,00	8,00	4,00	2,00
LAS MELLIZAS NÚMERO UNO	2,00	91,75	17,00	18,00	14,00
LAS MELLIZAS NÚMERO DOS	2,10	81,00	11,00	11,00	70,00
LOS GUINDOS	2,30	224,00	28,00	26,00	19,85
EL PICHE	1,30	216,00	20,00	4,00	9,00
VERTIENTE LOS MANATIALES	0,80	1,50	15,00	3,00	1,00
EL ARROYO	0,50	168,00	8,00	3,00	0,40
LOS PALTOS	0,28	168,00	2,00	8,00	22,13
LAS CASAS	0,90	5,90	7,00	7,00	5,90
Total	140,65	5.099,36	2.240,56	1.220,00	1.410,53

En el Programa CNR "Transferencia para Mejorar la Gestión del Recurso Hídrico en Río Chalinga", en ejecución, se está efectuando diagnóstico de obras bajo estándar CNR con la perspectiva de priorizar la presentación de proyectos a la Ley de Riego.

En cuanto a equipamiento tecnológico, esta Junta no posee sistema telemétrico en ninguna bocatoma de los canales que administra. Por el momento, no tiene considerado instalar estos dispositivos, aunque sí, interés en hacerlo a futuro. Deben estudiar los alcances en cuanto a costos de implementación y de administración de un proyecto de estas características.

c) Junta de Vigilancia del Río Illapel

La jurisdicción de la Junta de Vigilancia comprende en el caso del río Illapel, desde la Cordillera de Los Andes hasta la confluencia con el río Choapa, y respecto de sus afluentes el río Carén, las Quebradas Las Burras y Luncumán y demás esteros y vertientes que correspondan, desde el lugar de su nacimiento en la Cordillera hasta su desembocadura en el citado río Illapel (CNR, 2004).

La jurisdicción de la Junta de Vigilancia congrega a 61 Comunidades de Aguas o usuarios individuales con bocatoma en el cauce principal y afluentes. Según lo señalado por el "*Programa Capacitación y Fortalecimiento Organizacional en Río Illapel, 2013"*, 16 comunidades de aguas se encuentran en proceso de formalización, otros 18 canales son de uso exclusivo de un usuario y dos adicionales están sin uso. Existen 29 organizaciones de usuarios de aguas formales, incluida la Asociación de Canalistas de Illapel y la propia Junta de Vigilancia (CNR, 2004).

Generalmente existen problemas de embancamiento y presencia de vegetación en la mayoría de los canales, lo cual aumenta los costos por conceptos de mantención y también el nivel de pérdidas. A esto se suma que muchas veces los usuarios plantan árboles al borde de los canales, con lo cual a lo largo de los años las raíces de estos árboles van produciendo filtraciones significativas (CONIC-BF, 2013).
Respecto a la capacidad, los canales principales poseen entre un 20 y un 30% más de la capacidad necesaria para portar sus acciones, regulando el caudal de operación, lo que permite flexibilizar el sistema (CONIC-BF, 2013).

En la Tabla 5.7-3, compilada para el presente estudio, se incluye el listado de canales de la JV de Illapel.

Tabla 5.7-3 Red de canales Junta de Vigilancia Río Illapel

Nombre Canal	Extensión Km	Acciones	l/s JVRI	N° regantes	Ha bajo riego
LAS BELLACAS	8,0	158,8	158,8	15,00	15,60
AC LAS JUNTAS	2,4	15,76	15,76	0,30	2,00
AC LAS SALINAS	0,4	41,70	41,70	5,00	0,55
AC CANAL PICHICAVÉN	2,7	1,87	1,87	1,00	35,00
AC CANAL CALDERON	0,3	10,94	10,94	19,00	86,96
AC CANAL MALA LADERA	4,5	114,66	114,66	34,00	195,60
RODADERO	2,0	11,82	11,82	1,00	10,00
AC CANAL EL BAJO	0,5	5,84	5,84	1,00	40,00
AC CANAL SANTA MARGARITA	3,4	62,73	SI	118,00	115,74
AC CANAL SANTA MARGOT	2,4	39,03	39,03	1,00	2,00
LA TURBINA	15,9	283,09	283,09	14,00	55,97
AC CANAL SAN JORGE	1,2	9,77	9,77	1,00	45,00
SANTA ISABEL	4,9	96,16	96,16	16,00	61,50
SAN JAVIER	0,9	4,38	4,38	1,00	50,00
CAMAROTE	1,6	13,29	13,29	6,00	8,00
AC CANAL PLANTACIÓN	2,8	42,31	42,31	4,00	29,00
AC CANAL SANTA OLGA	1,5	32,39	32,39	2,00	3,00
LOS PELADOS	7,5	42,59	42,59	21,00	163,15
AC CANAL SAN ISIDRO	1,5	44,51	44,51	6,00	30,10
EL SILO	3,2	64,07	64,07	9,00	43,41
SAN PATRICIO	1,4	15,88	15,88	3,00	3,50

Nombre Canal	Extensión Km	Acciones	l/s JVRI	N° regantes	Ha bajo riego
ESCORIAL	5,9	119,46	119,46	18,00	83,72
LA MONTAÑA	0,2	1,46	1,46	19,00	7,69
LA ESCONDIDA	SI	7,29	SI	SI	SI
LOS GONZÁLES	2,8	2,92	2,92	10,00	8,55
EL DURAZNO O BARRANCO LISO	1,2	2,92	2,92	1,00	7,00
LOS PERÁLES	0,3	3,41	3,41	0,85	2,00
EL MACAL	2,8	5,11	5,11	4,00	7,00
EL AGÜITA	190,0	2,34	2,34	4,00	19,50
ALCANTARILLA	0,3	5,11	5,11	1,00	2,00
LOS SAUCES	0,2	7,29	7,29	17,00	88,40
EL PALQUI	0,3	2,93	2,93	1,00	8,50
EL PEUMO	0,4	2,92	2,92	1,00	5,09
VEGA DE CÉSPEDES	1,1	2,88	2,88	1,00	0,40
AC CANAL SAN ARTURO	2,3	30,93	SI	165,00	40,95
EL BUITRE	3,6	50,19	SI	13,00	95,70
MOLINO DE CARÉN	4,9	105,65	SI	2,00	12,00
SANTA ANA	2,2	SI	9,53	50,00	27,65
SAN ISIDRO DE CARÉN	0,4	11,7	SI	1,00	5,09
CARRIZO	1,0	SI	8,80	26,00	111,93
EL TIZÓN	1,6	5,00	5,00	1,00	22,40
AC CANAL BURRAS ALTAS	2,1	17,5	17,50	30,00	41,70
AC CANAL BURRAS BAJAS	2,5	28	28,00	46,00	44,38
LLANO ALTO	0,9	21,6	21,60	109,00	75,75
LOS MANQUE	0,4	0,5	0,50	31,00	13,84
LLANO BAJO	0,6	6,6	6,60	123,00	309,51
LAS COVACHAS	3,3	5,4	5,40	37,00	8,05
LAS COCINERAS	28,4	SI	813,08	143,00	513,74
AC POTRERO NUEVO	8,6	136,12	136,12	59,00	153,91
MOLINO DE CARCAMO	4,6	566,12	566,12	16,00	25,70
AC HOSPITAL	5,2	99,06	208,90	3,00	0,53
AC LA HIGUERA	5,1	127,32	127,32	50,00	129,87
BELLAVISTA O DEL ALTO	8,2	162,28	66,00	2,00	18,20
DEL MEDIO O BELLAVISTA BAJO	0,5	66,00	54,59	4,00	0,18
INQUILINOS O DEL BAJO	8,0	99,10	119,00	9,00	97,70
LAS JUNTAS EL MAITEN	2,5	7,30	7,50	36,00	23,26
CUZ CUZ	16,4	45,49	54,59	1,00	76,00
ZEPEDINO	2,9	14,75	18,00	1,00	50,00
POBLACION LOS GUINDOS	10,6	104,66	104,66	127,00	40,02
COCINERA	35,0	SI	SI	143,00	513,74
SAN JUAN DE DIOS	3,2	SI	12,01	26,00	8,63
VERTIENTE LUNA	0,6	SI	14,01	1,90	1,72
CARCAMO O BATITO	1,4	17,50	20,00	16,00	25,70
MOLINO EL PERAL	10,0	135,20	162,00	24,00	42,10
Total	451,44	3.141,60	3.794,44	1.652,05	3.765,88

En cuanto al equipamiento de los canales, en conversación con el gerente técnico se ha podido establecer que esta Junta tiene 11 sistemas telemétricos instalados en los canales que administra. Los 2 primeros fueron gestionados con recursos del Programa "Plan Choapa" (convenio Gobierno Regional de Coquimbo e INDAP), con servicios prestados por la empresa Riego Salz; los 9 restantes se implementaron mediante

concurso especial de telemetría de la Ley de Riego 18.450 y fueron ejecutados con la empresa Wisecon.

En promedio, cada dispositivo tuvo un costo de $14.000.000, considerando obras civiles y sistema telemétrico.

Este sistema permite visualizar el caudal pasante en cada bocatoma, desde la oficina de la Junta de Vigilancia, y operar manualmente las compuertas cuando sea necesario (mediante el celador o repartidor de aguas).

Por el momento no tienen considerado seguir instalando este tipo de dispositivos, aunque a futuro quisieran habilitar compuertas automatizadas en 2 ó 3 de los canales más importantes que administran. Lo que sí se piensa hacer, es presentar un proyecto a concurso de la Ley 18.450 para mejorar la infraestructura de compuertas y aforadores tradicionales, de 24 a 26 bocatomas de canales administrados por la Junta de Vigilancia.

En resumen, la infraestructura de almacenamiento y conducción de aguas en la cuenca de Choapa es adecuada para la condición actual. Sin embargo, ante eventos de baja de oferta por sequía, o bien mayor demanda que se deberá verificar a futuro, esta no será suficiente. Si bien nuevos embalses serán requeridos para entonces, tales como en Chalinga y Choapa Alto, no debe olvidarse que también hay mucho que avanzar en el tema de la eficiencia de riego.

5.7.3 Red de monitoreo

La cuenca de Choapa ha ido reforzando la red de instrumentación necesaria para la adecuada colección de datos y antecedentes que permitan un eficiente monitoreo y planificación en torno a los recursos hídricos hacia el futuro. De esta manera se ha ido paleando en parte la deficiencia de la información disponible, tanto en años de registros como en su continuidad. En este apartado se detalla la composición de las diferentes redes de soporte tecnológico para el registro de información de la cuenca de Choapa, según datos actualizados (2017) obtenidos de la plataforma web del Banco Nacional de Aguas (BNA) de la Dirección General de Aguas.

a) Estaciones pluviométricas

La cuenca tiene una red de 19 estaciones meteorológicas registradas por DGA, de las cuales hay sólo 16 vigentes, ya que 3 fueron suspendidas. Varias de las estaciones vigentes, sin embargo, tienen datos incompletos, pasando algunas de ellas no operativas, incluso por años. Tabla 5.7-4.

Tabla 5.7-4 Red de estaciones meteorológicas DGA

N°	Nombre estación	Código BNA	Años registros	Estado	Satelital
1	Coirón	04711003-3	1974 -	Vigente	NO
2	Cuncumén	04703003-K	1958 -	Vigente	NO
3	Huintil	04723002-0	1914 -	Vigente	NO
4	Illapel-DGA	04726003-5	1972 -	Vigente	NO
5	Illapel Dos	04726004-3	1971 - 1979	Suspendida	-
6	La Canela DMC	04732001-1	1973 -	Vigente	NO
7	La Tranquilla	04710001-1	1962 -	Vigente	NO

N°	Nombre estación	Código BNA	Años registros	Estado	Satelital
8	Las Burras	04721002-K	1962 -	Vigente	NO
9	Limáhuida	04716005-7	1964 -	Vigente	NO
10	Mal Paso	04715002-7	1960 - 1989	Suspendida	-
11	Mincha Norte	04730004-5	1974 -	Vigente	NO
12	Río Chalinga en Palmilla	04712001-2	1991 -	Vigente	SI
13	Río Choapa en Cuncumén	04703002-1	1998 -	Vigente	SI
14	Choapa en Salamanca	04711001-7	1931 -	Vigente	SI
15	Río Cuncumén ante Junta Choapa (Chacay)	04704001-9	1968 -	Vigente	SI
16	Río Illapel en El Peral	04726001-9	1983 -	Vigente	SI
17	Salamanca	04711004-1	1971 -	Vigente	NO
18	San Agustín	04713004-2	1930 -	Vigente	NO
19	Santa Virginia	04722001-7	1918 - 1989	Suspendida	-

Fuente: BNA de la DGA

Debe considerarse de modo adicional el aporte en estaciones meteorológicas que viene desarrollando CEAZA. En la cuenca de Choapa, existen 9 estaciones manejadas por dicho centro de investigación y que deben ser incorporadas a la red general meteorológica.

b) Red fluviométrica

Existe una red de 22 estaciones fluviométricas, pero sólo un 50% de ellas se encuentra vigente. Varias de las estaciones vigentes fueron establecidas a principios o mediados del siglo 20, lo cual entrega buenos antecedentes históricos, aunque existen vacíos de información que deben ser manejados de manera adecuada. Tabla 5.7-5.

Tabla 5.7-5 Red de estaciones fluviométricas DGA

Nº	Nombre estación	Código BNA	Años registros	Estado	Satelital
1	Canal alim. Embalse Corrales en B.T. Coirón	04710002-K	2005 -	Vigente	NO
2	Canal Caracha en bocatoma	04711002-5	1985 - 1987	Suspendida	-
3	Canal Tamelcura	04716003-0	1962 - 1963	Suspendida	-
4	Estero Camisas en desembocadura	04714001-3	1965 - 2010	Suspendida	-
5	Estero El Soldado en Laguna El Pelado	04700001-7	1950 - 1985	Suspendida	-
6	Río Chalinga en Chalinga	04713003-4	1928 - 1930	Suspendida	-
7	Río Chalinga en La Palmilla	04712001-2	1991 -	Vigente	SI
8	Río Chalinga en Potrero Maitenes	04713002-6	1929 - 1953	Suspendida	-
9	Río Chalinga en San Agustín	04713001-8	1928 - 2003	Suspendida	-
10	Rio Choapa aguas arriba estero La Canela	04730001-0	1961 -	Vigente	SI
11	Río Choapa en Cuncumén	04703002-1	1965 -	Vigente	SI
12	Río Choapa en Limáhuida	04716001-4	1946 - 2001	Suspendida	-
13	Río Choapa en puente FFCC	04716002-2	1946 - 1952	Suspendida	-
14	Río Choapa en Puente Negro	04716004-9	1918 -	Vigente	SI
15	Río Choapa en Salamanca	04711001-7	1931 -	Vigente	SI
16	Río Choapa sobre el río Valle	04703001-3	1965 - 1982	Suspendida	-

Nº	Nombre estación	Código BNA	Años registros	Estado	Satelital
17	Río Cuncumén ante Junta Choapa (Chacay)	04704001-9	1968 -	Vigente	SI
18	Río Cuncumén antes bocatoma de canales	04704002-7	1965 - 2010	Vigente	NO
19	Río Illapel en El Peral	04726001-9	1900 -	Vigente	SI
20	Río Illapel en Las Burras	04721001-1	1962 -	Vigente	SI
21	Río Illapel en Huintil	04723001-2	1927 -	Suspendida	-
22	Río Illapel en Santa Cruz	04726002-7	1928 - 1931	Suspendida	-

Fuente: BNA de la DGA

c) Monitoreo de Sedimentos

Existe una red de 4 estaciones de monitoreo de sedimentos en cursos de agua, de las cuales 3 están vigentes y una está suspendida. Este reducido número de estaciones permite un análisis referencial, mas no permite definir con claridad puntos sensibles en cuanto a fuentes puntuales y no puntuales de sedimentos. Tabla 5.7-6.

Tabla 5.7-6 Red de estaciones de monitoreo de sedimentos DGA

N°	Nombre estación	Código BNA	Años registros	Estado	Satelital
1	Río Choapa en Cuncumén	04703002-1	1965 -	Vigente	SI
2	Río Choapa en Limáhuida	04716001-4	1946 - 2001	Suspendida	-
3	Río Choapa en Salamanca	04711001-7	1931 -	Vigente	SI
4	Río Illapel en Las Burras	04721001-1	1962 -	Vigente	NO

Fuente: BNA de la DGA

d) Monitoreo de Aguas Subterráneas

La cuenca de Choapa cuenta con una red de monitoreo de pozos de 14 estaciones, de las cuales solamente 5 están vigentes y 9 están suspendidas. Claramente, esto constituye una escasa cobertura que limita el conocimiento y la planificación de abastecimiento de aguas subterráneas, ambos conceptos clave, en especial cuando deben coordinarse los recursos hídricos en condiciones de escasez. Monitoreo de niveles y de calidad de aguas subterráneas son insumos básicos para saber cuánta agua, y de qué características, está disponible. Tabla 5.7-7.

Tabla 5.7-7 Red de Monitoreo de Pozos DGA

N°	Nombre estación	Código BNA	Años registros	Estado
1	A.P. Illapel	04726006-K	1986 - 1988	Suspendida
2	Asentamiento El Tambo	04714002-1	1970 -	Vigente
4	Asentamiento Panguecillo	04711005-K	1970 -	Vigente
5	Chalinga	04713005-0	1986 - 1991	Suspendida
6	Hacienda Illapel	04725002-1	1970 - 1985	Suspendida
8	Planta ENAMI	04723004-7	1978 - 1986	Suspendida
10	Pueblo Cárcamo	04723003-9	1977 -	Vigente
11	Pueblo Cuz-Cuz	04726005-1	1977 - 2003	Suspendida
12	Pueblo Huentelauquén	04735002-6	1986 -	Vigente
13	Pueblo Huentelauquén	04735003-4	1973 - 2003	Suspendida
14	Tunga Norte	04730005-3	1986 -	Vigente

Fuente: BNA de la DGA, octubre 2017

e) Monitoreo de Calidad Química de Aguas

La cuenca de Choapa tiene una red de 22 estaciones de medición de calidad química de aguas, entre aguas superficiales y subterráneas. De ellas, 17 están vigentes y 5 suspendidas. Esta red toma gran relevancia en las circunstancias actuales de escasez hídrica, pues ayuda a identificar las fuentes puntuales de contaminación, a fin de proceder a su control y velar por la integridad de recurso. Tabla 5.7-8.

Tabla 5.7-8 Red de Estaciones de Calidad de Aguas DGA

N°	Nombre estación	Código BNA	Años registro	Estado	Satelital
1	Estero Auco antes del río Illapel (CA)	04725001-3	1900 -	Vigente	NO
2	Estero Camisas en desembocadura	04714001-3	1968 - 2003	Suspendida	-
3	Pozo Chuchiñi	04715003-5	2000 -	Vigente	NO
4	Pozo Limáhuida	04715004-3	2000 -	Vigente	NO
5	Pozo Matancilla	04724000-K	2000 -	Vigente	NO
6	Río Chalinga en bocatoma canal Cunlagua	04713006-9	1995 -	Vigente	NO
7	Río Chalinga en Chalinga	04713003-4	1928 - 1930	Vigente	NO
8	Río Chalinga en La Palmilla	04712001-2	1991 -	Vigente	SI
9	Río Chalinga en San Agustín	04713001-8	1968 - 1973	Suspendida	-
10	Río Choapa en Cuncumén	04703002-1	1969 -	Vigente	SI
11	Río Choapa en Doña Juana (CA)	04730002-9	1974 - 2003	Suspendida	-
12	Río Choapa en Huentelauquén (CA)	04735001-8	1997 -	Vigente	NO
13	Río Choapa en La Canela (CA)	04730003-7	1969 - 2003	Suspendida	-
14	Río Choapa en Limáhuida	04716001-4	1966 - 2001	Suspendida	-
15	Río Choapa en Puente Negro	04716004-9	1968 -	Vigente	SI
16	Río Choapa en Salamanca	04711001-7	1968 -	Vigente	SI
17	Río Cuncumén ante Junta Choapa (Chacay)	04704001-9	1968 -	Vigente	SI
18	Río Cuncumén antes bocatoma de canales	04704002-7	1986 -	Vigente	NO
19	Río Del Valle antes Río Totoral (CA)	04702001-8	1968 -	Vigente	NO
20	Río Illapel en El Peral	04726001-9	1986 -	Vigente	SI
21	Río Illapel en Huintil	04723001-2	1968 -	Vigente	NO
22	Río Illapel en Las Burras	04721001-1	1966 -	Vigente	NO

Fuente: BNA de la DGA

Como resumen de la infraestructura de monitoreo satelital, se presenta la siguiente Tabla 5.7-9, en la cual se presenta la información oficial entregada por la DGA.

Tabla 5.7-9 Información oficial de monitoreo de la DGA

Código BNA	Nombre estación	PS	DL	LG	LM	AF	Pv	T	SE	CQ	Observaciones
04703002-1	Río Choapa en Cuncumén	PS(S)	DL		OB	12	Pv-p	T	SE	CQ-p	estación con muchas interrupciones
04704001-9	Río Cuncumén antes junta Choapa	PS(S)	DL			6	Pv-p	T		CQ-p	sin interrupciones
04711001-7	Río Choapa en Salamanca	PS(S)	DL			6	Pv-p	T		CQ-p	algunas interrupciones durante sequía
04712001-2	Río Chalinga en La Palmilla	PS(S)	DL			6	Pv-p	T		CQ-p	pocas interrupciones
04716004-9	Río Choapa en Puente Negro	PS(S)	DL			6		T			pocas interrupciones durante sequía
04721001-1	Río Illapel en Las Burras	PS(S)	DL		OB	12	Pv-p	T	SE		fuera de servicio oct 2015-abr 2017
04723001-2	Río Illapel en Huintil	PS(S)	DL			6	Pv-p	T			sin inf mayo-nov 2016
04726001-9	Río Illapel en El Peral	PS(S)	DL		OB	6	Pv-p	T			pocas interrupciones
04730001-0	Río Choapa aguas arriba estero La Canela	PS(S)	DL		OB	6		T		CQ-p	fuera de servicio dic 2013-oct 2014

Fuente: DGA octubre 2017

Donde:
PS = Estación Satelital
PS(S) = Estación Satelital (marca)
DL = Data logger
LG = Estación limnigráfica
LM = Estación limnimétrica con observador
AF = Aforos
Pv = Estación Pluviométrica
Pv-p = Estación Pluviométrica de plataforma satelital
T = Temperatura
SE = Sedimento en el agua
CQ = Calidad Química
CQ-p = Calidad química de plataforma satelital

f) Análisis crítico de la red de monitoreo

En el Plan Maestro DGA-CONIC BF (2013) se presenta un análisis crítico de la red de monitoreo de la DGA. Ahí se establece que, para la cuenca del río Choapa, sería necesario implementar dos estaciones de monitoreo de nieves, una en el río Tres Quebradas (cabecera Illapel) y otra en el río Totoral (cabecera Choapa), para alimentar modelos de pronóstico. En dicho Plan también se plantea la necesidad de una intensificación del monitoreo de los acuíferos, lo que también se percibe al operar los modelos de simluación integrada.

Por último el trabajo con el modelo WEAP ha mostrado una vez más, que hay algunas estaciones que sería conveniente rehabilitar, para apoyar la calibración de modelos de simulación como el WEAP, y que son, al menos, Choapa en Limáhuida y Chalinga en Chalinga.

5.8 EVENTOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS Y MANEJO DE CAUCES

5.8.1 Crecidas

Las crecidas son eventos de escasísima duración, por lo cual no permiten adecuaciones durante el proceso. El riesgo de crecida, como todo riesgo en la disciplina de ingeniería, puede entenderse como el resultado de la exposición (RAE: expuesto = ubicado de manera de que puede recibir los efectos directos de un agente) y la vulnerabilidad (RAE: vulnerable = que puede ser dañado por algo). Si no hay exposición, no hay riesgo, y si somos invulnerables, tampoco lo hay. El problema es que frente a crecidas, muchas veces sí hay exposición (cultivos o viviendas en riberas mal definidas del lecho del río), y también hay vulnerabilidad, pues en general los terrenos potencialemente afectados no están defendidos. Por lo tanto, mitigar el daño de crecidas, solamente es posible cuando se es previsor frente a este riesgo, en ambos conceptos: la exposición y la vulnerablidad.

En el norte de Chile, donde las tormentas provienen con predominio del invierno altiplánico, toda cuenca natural es vulnerable frente a inundaciones por crecidas, y las urbanizaciones realizadas dentro de los cauces naturales están muy expuestas a los daños de crecidas. Un ejemplo de ello han sido los eventos de invierno altiplánico, que han afectado diversas cuencas en tiempos recientes (aluviones en Chañaral 25 marzo 2015, en Copiapó 25 marzo 2015 y 26 febrero 2016, en Arica 26 febrero 2016), que han afectado asentamientos humanos por falta de planificación territorial.

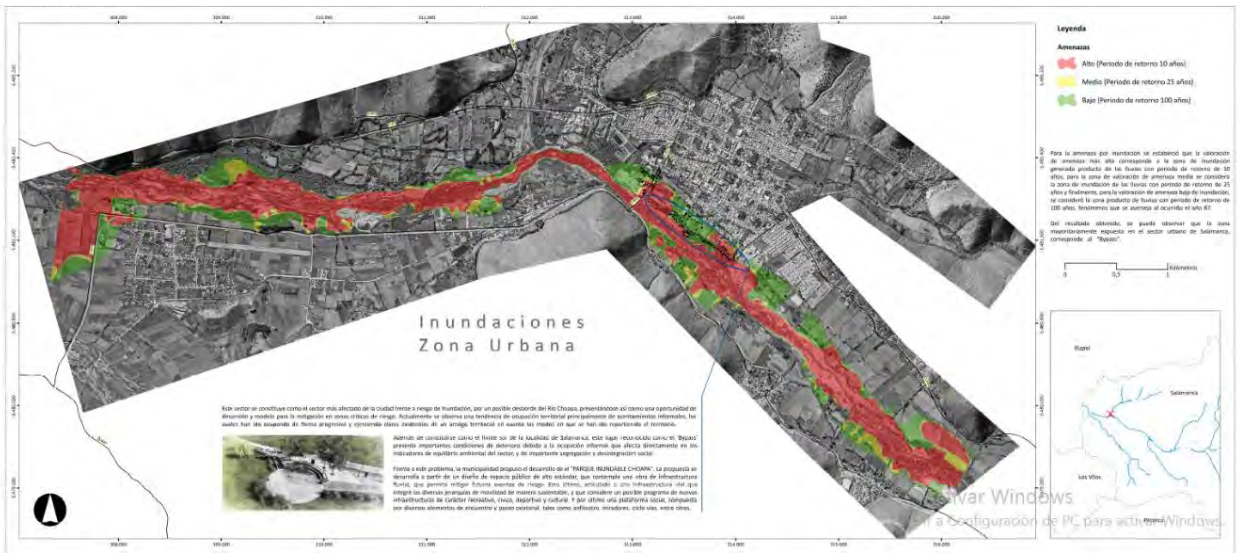
a) Medidas existentes

Las medidas existentes de protección contra crecidas, son las siguientes:

- Planes reguladores municipales: Mapas de inundabilidad

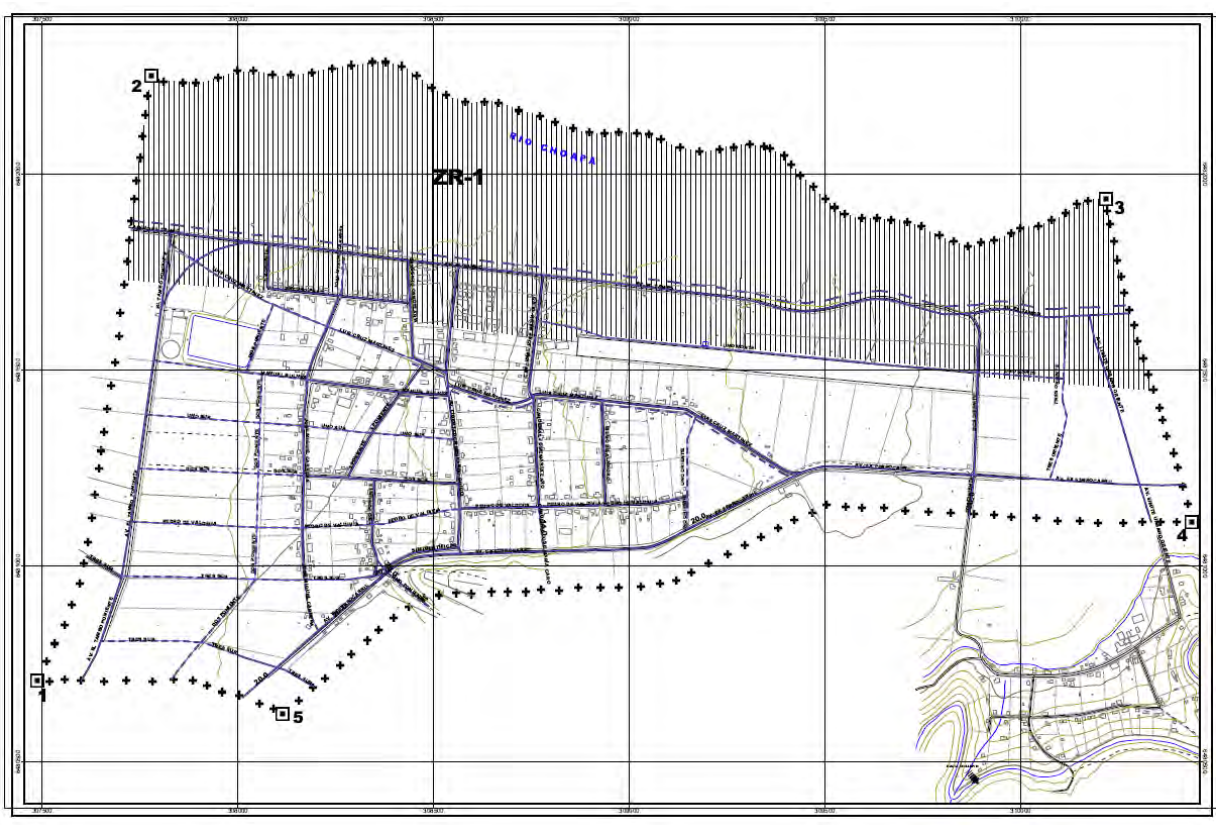
Las instituciones que cuentan con mapas de inundabilidad son las Municipalidades. Se solicitaron los mapas de inundabilidad a las Municipalidades de Choapa, Illapel y Canela. La municipalidad de Salamanca cuenta con mapas para las localidades de Salamanca, El Tambo y Chillepín, que se adjuntan en las Figuras 5.8-1, 5.8-2 y 5.8-3. Por su parte, la Municipalidad de Illapel facilitó un plano de inundabilidad de Illapel, correspondiente a la modificación del Plan Regulador de 2009, que se muestra en la Figura 5.8-4. La Municipalidad de Canela no cuenta con mapas de inundabilidad.

Figura 5.8-1 Plano de inundabilidad ciudad de Salamanca



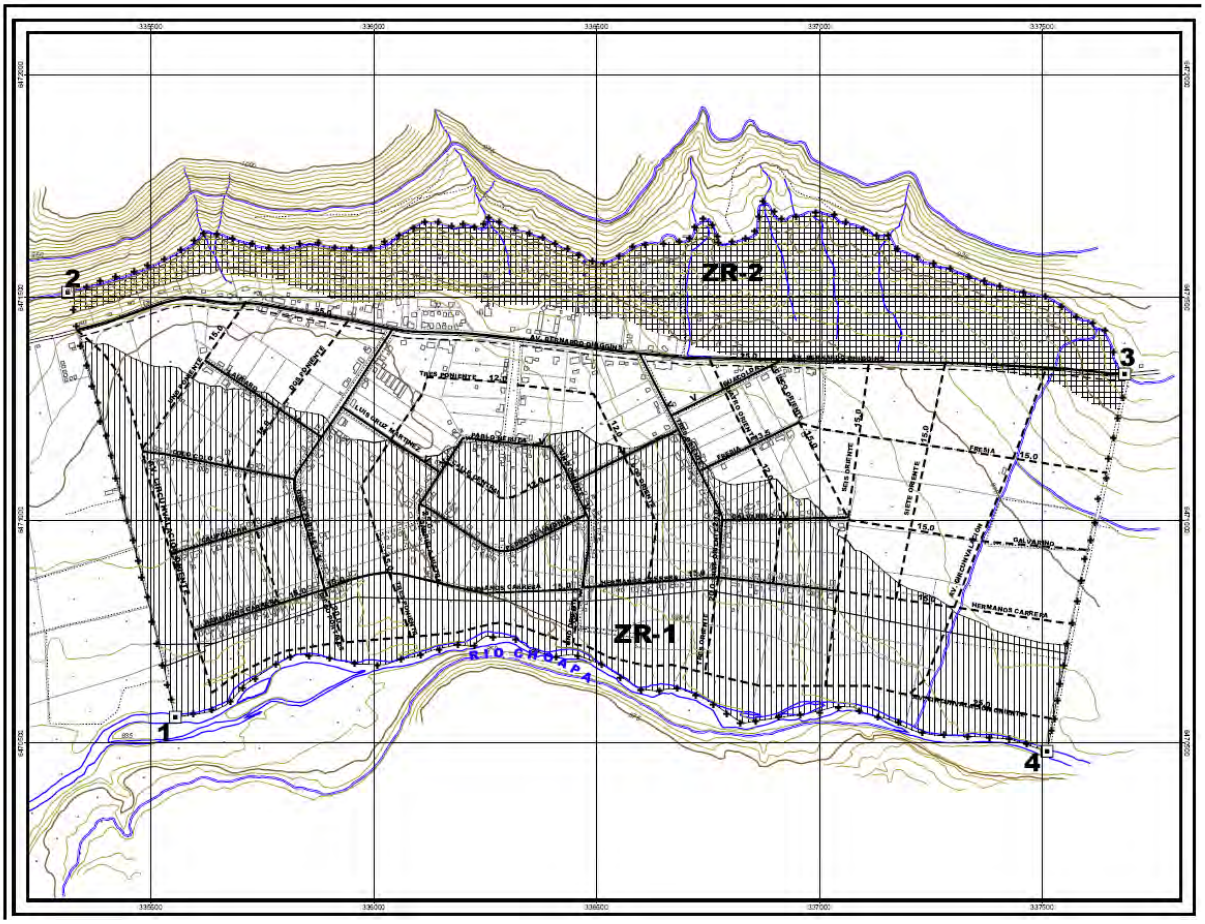
Fuente: Municipalidad de Salamanca

Figura 5.8-2 Extracto plano de inundabilidad localidad de El Tambo
(ZR-1 tiene riesgo de inundación)



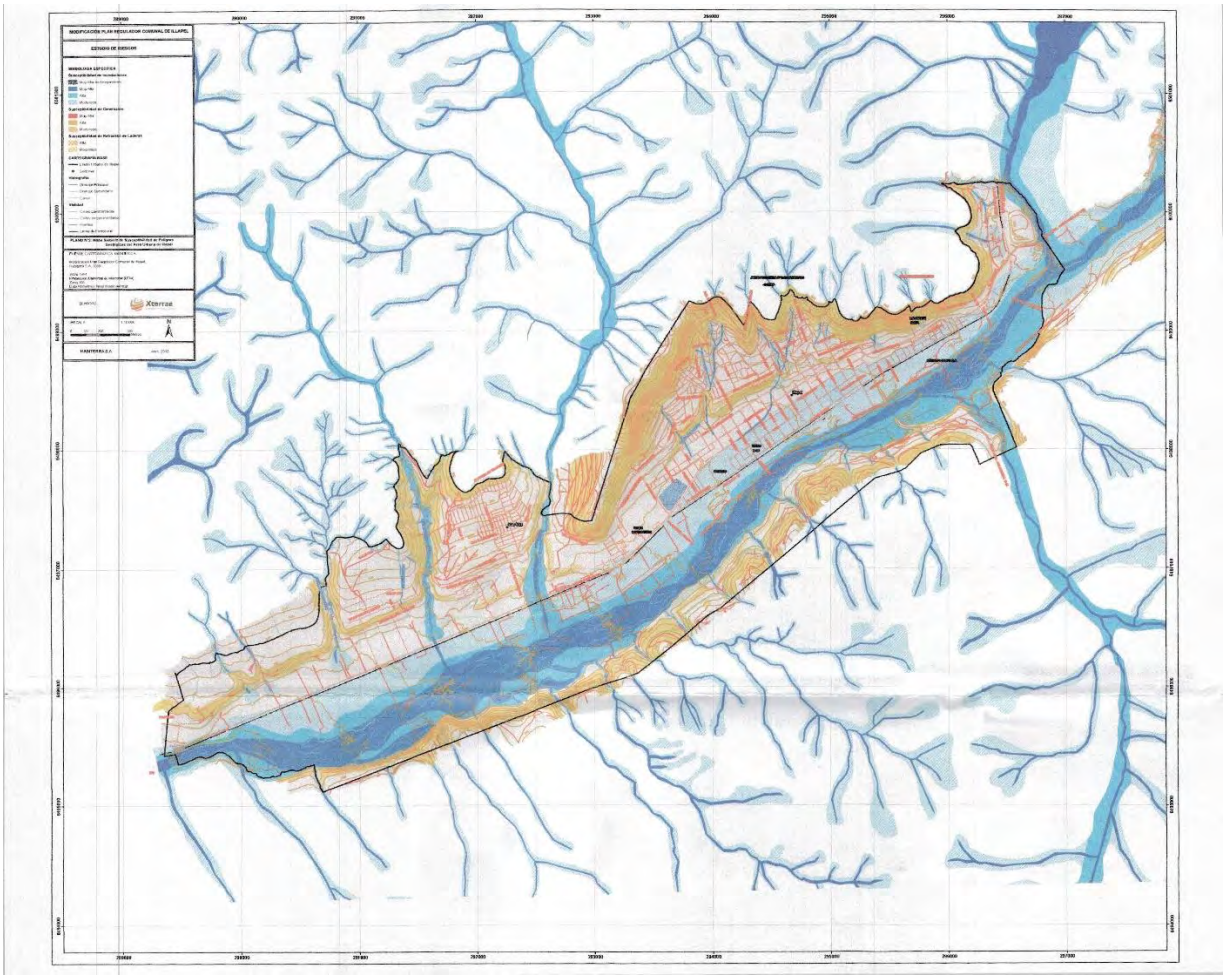
Fuente: Municipalidad de Salamanca

Figura 5.8-3 Extracto plano de inundabilidad localidad de Chillepín
(ZR-1 tiene riesgo de inundación)



Fuente: Municipalidad de Salamanca

Figura 5.8-4 Plano de inundabilidad ciudad de Illapel
(azul = riesgo alto, celeste = riesgo bajo)



Fuente: Municipalidad de Illapel

Los planos se encuentran también en el Anexo Capítulo 5.8.

Al respecto, es posible observar que en todos los casos hay desarrollo urbano dentro de las franjas inundables. Casos notables son Salamanca y Chillepín. Si bien es cierto que algunos sectores señalados como inundables, lo son con baja probabilidad, otros, como el de Salamanca, resaltado incluso en el mapa, han registrado eventos no aislados en el último tiempo.

En noviembre de 2015, con una pequeña crecida por deshielo del río Choapa, hubo anegamiento y destrucción de 2 casas de un campamento de 15 viviendas, que se instaló, con permiso municipal, dentro del lecho de inundación del río Choapa en Salamanca. Con la crecida de mayo 2017, de nuevo hubo inundación y erosión en el mismo campamento (Sernageomin, 2017). Este tipo de permisos debe ser revisado, pues ante crecidas mayores, puede haber resultados fatales.

Se desprende que la primera protección contra las crecidas, tanto para las crecidas usuales como especialmente las inusuales (que con el cambio climático podrían ser cada vez más frecuentes), es establecer claramente los límites naturales de los cauces en los planes reguladores, y hacer respetar estos planes reguladores en la práctica. Esta proposición muchas veces no se cumple, lo que puede llevar a desastres.

- Mantención de un sistema de alerta

La segunda forma de ejercer control de crecidas, según se desprende del análisis realizado, es mantener un sistema de alerta.

Para ello, la DGA ha definido umbrales de alerta de tres niveles, azul, amarillo y rojo, en 21 estaciones fluviométricas satelitales en la región. En el estudio DGA-RODHOS 2010, sobre revisión de umbrales de alerta, la DGA Regional de Coquimbo declaró que no requería revisión de los umbrales. De las estaciones satelitales, la información está disponible con un desfase de aproximadamente 1 hora.

Para que este tipo de alerta dé buen resultado, debe haber una cadena de información con todos sus eslabones operativos.

El sistema de alerta de crecidas de la DGA Regional se apoya con información de pronóstico de precipitaciones de CEAZA y Dirección Meteorológica de la FACH. Cuando hay montos de precipitaciones que pueden generar alertas de caudales, se comunican por teléfono, PC o celular, con la División de Hidrología de la DGA Nivel Central. Está en implementación el sistema GPRS (transmisión a celulares) para algunas estaciones. La DGA nivel central está en contacto con ONEMI. ONEMI es la encargada de transmitir la alerta al público y a las demás instituciones.

El estudio DGA − Conic BF, 2011, que abarca todo el norte de Chile hasta la región de Coquimbo, muestra un análisis de la interrupción en los registros de caudales, llegando a la conclusión de que gran parte de las veces (aunque no todas), las interrupciones se asocian a eventos de precipitaciones importantes. Para la cuenca del Choapa, propone como estación de control de crecidas la de Choapa en Cuncumén. El análisis de la curva de descarga mostró que el datalogger estaba instalado bajo la cota que alcanza la crecida de T = 100 años (crecida con período de retorno de 100 años), el cual debía ser reinstalado más alto, sobre la cota de la crecida de T = 200 años. Esto aún no se ha materializado.

- COE

Lo que opera en la Región una vez que se ha producido el desastre, es el llamado COE, o Comité de Emergencia, integrado por el Intendente, la Onemi y varias SEREMIs, entre ellas la del MOP. Esta institución no cumple una función preventiva.

b) Medidas futuras

Las medidas que no se han materializado, y que podrían reducir el riesgo de inundación por crecidas, son las siguientes:

- Modelos de pronóstico de corto plazo

La DGA ha trabajado en diversas regiones el tema del pronóstico de corto plazo, buscando implementar relaciones de corto plazo entre las diversas variables que monitorea. Sin embargo, para la cuenca del Choapa (y resto de la región de Coquimbo), no se ha desarrollado aún este tipo de relaciones.

- Aplicación de la ley de embalses para control de crecidas

Con la aplicación de la ley de embalses, se espera que exista una mayor protección de las localidades ribereñas contra las crecidas.

Para el control de crecidas a partir de los embalses, existe un protocolo de entrega de información y comunicación de declaratorias de alerta de crecidas y otras medidas entre la Dirección General de Agua y la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública, que data de 2011.

El objetivo del protocolo es establecer los mecanismos de comunicación que permitan adoptar oportunamente las medidas preventivas destinadas a impedir o mitigar los riesgos de crecidas de los cauces por razones climáticas, derivadas de la operación de embalses.

De acuerdo con lo señalado en dicho protocolo, la DGA debe dar las facilidades a la ONEMI para consultar en forma directa la información registrada en tiempo real de las variables hidrométricas de interés, además de entregar los datos de las estaciones que estén bajo su operación para la realización de estudios, investigaciones, etc.

Una vez que la DGA considere la necesidad de recomendar una alerta, lo realizará en una primera etapa a través de un "boletín de recomendación de alerta de crecida", el que deberá incorporar parámetros esenciales y secundarios cuyas características serán determinadas por las partes.

Con respecto a la desactivación de la alerta, previa recepción del boletín emitido por la DGA, ella deberá ser notificada inmediatamente al Intendente respectivo, a la o las municipalidades, DMC, CNE, DGA, CDEC – SIC, DOH, a los operadores privados involucrados y a los integrantes del Sistema Nacional de Protección Civil, que se estimen pertinentes.

La DGA podrá ordenar al operador del embalse, de manera fundada, medidas adicionales a las aprobadas en el manual de operación y plan de contingencia del operador. Estas medidas serán notificadas simultáneamente al operador y a la ONEMI por el Director General de Aguas o una delegación que el primero conforme, en uso de las atribuciones conferidas por la ley.

Es necesario señalar, sin embargo, que la ley aún no está operativa, y que el protocolo recién estaría desarrollándose para dos embalses del sur.

La gestión de embalses con ocsaión de crecidas que se efectúa hoy en día, depende de si el embalse ha sido o no traspasado a los regantes. Si no lo ha sido, lo gestiona la DOH de acuerdo con las normas mínimas de operación. Los embalses en manos de los

regantes, suelen apoyarse con la DGA, para hacer una gestión "in situ". Los embalses Corrales y El Bato aún están en manos de la DOH.

- Planes maestros de manejo de cauces

De acuerdo con lo señalado en el Plan Maestro de 2013, para mitigar el efecto de las crecidas, también sería necesario implementar planes maestros de manejo de cauces, en base a los cuales se debiera generar un ordenamiento para el caso de las extracciones de áridos, y un análisis cuidadoso de las riberas del río, para evaluar el daño potencial que pueden generar las crecidas, y proponer una forma de evitarlo.

Por otra parte, de esta forma se podría planificar las obras de protección fluvial, que hoy se efectúan en forma aislada según reclamos recibidos de las municipalidades, sin que exista una planificación que se anticipe a futuros lugares que puedan presentar problemas de desborde con consecuencia de daños a la vida humana e infraestructura pública y privada.

También sería posible incluir en este tipo de planes, alguna recomendación para tratar los efectos de las crecidas sobre los tranques de relaves. En las cercanías de Illapel, así como en las quebradas interiores del valle de Chalinga, los tranques de relave constituyen una fuente de material de arrastre, que se incorpora al flujo, luego a los canales, y finalmente es depositado en los cultivos.

En la región, actualmente se están llevando a efecto los Planes Maestros de manejo de cauces para los ríos Elqui y Choapa.

Como ejemplo de medidas posibles de considerar, se menciona en la cuenca el desvío del cauce natural de la quebrada El Tome, de modo de alejarse del pie del tranque de relaves de la minera Llamuco. .

- Política nacional de gestión del riesgo de desastres, 2016

Esta política, delineada en el Decreto Nº 1512 de octubre de 2016, aún no ha sido aplicada en la Región de Coquimbo. Esta política se detalla en el punto 5.13.32 del Anexo Capítulo 5.13.

La larga sequía que ha sufrido la región, ha impuesto una tendencia a entender que la sequía es la nueva condición de la región. Incluso si esto fuera así, y situándose en un escenario de cambio climático severo, no es posible descartar el hecho de que los eventos extremos de crecidas ocurren, y, como única protección efectiva contra ellos, es necesario haberlos previsto, y haberse organizado en consecuencia.

5.8.2 Sequías

Diferente es la situación con las sequías. Estos eventos se instalan en una progresión de algunos meses, también años, y, si bien lo óptimo es contar con planes de sequía antes de que se inicien estos eventos, también hay tiempo de adecuación (subóptimo) durante la misma sequía.

Lo que suele ocurrir es que cuando llega una sequía, según se ha podido desprender de los diversos estudios recientes de modelación reseñados en la bibliografía, hay falta de conocimiento sobre fuentes alternativas al recurso superficial, y éste no es fácil ni rápido de adquirir.

El estudio CAZALAC/RODHOS 2006 entregó algunas conclusiones en relación con la respuesta del sistema hídrico del río Choapa frente a las sequías, que fueron las siguientes:

- En años normales, hay una gran cantidad de sectores que ven suplidas todas sus demandas, incluidas las grandes ineficiencias en la aplicación del riego. Debido a que en las tres subcuencas, Choapa, Chalinga e Illapel, los sistemas de riego son lineales en relación con los cauces, las ineficiencias locales permiten el reúso aguas abajo de los recursos hídricos no utilizados aguas arriba. Casi todas las zonas reciben más agua que su demanda a nivel raíz, de modo que es la ineficiencia de riego la que impide el mejor aprovechamiento de los recursos en estos años normales.

- En años secos, la situación cambia bastante, notándose por un lado, la falta de regulación, y por otro lado, la falta de acceso al almacenamiento natural provisto por los acuíferos. Casi todas las zonas presentan un año fallo de 10 (10% de falla), a nivel de demanda de raíz (o demanda consuntiva), lo que está dentro de lo razonable y esperado para el riego. Sin embargo, hay varias zonas que presentan hasta 2 años fallos a nivel de la demanda de raíz, que son: estero Quelén, el estero Chalinga, el estero Camisas, el estero Carén, y el río Illapel entre Huintil e Illapel. Las zonas que se salvan de la escasez en períodos de sequía, son los sectores del río Illapel bajo la ciudad de Illapel, donde hay pozos para riego, los que se usan para suplir los déficits.

- Como resultado para toda la cuenca, se observa que las demandas a nivel de zona de riego, con todas sus ineficiencias, se ven suplidas en años normales en la gran mayoría de los sectores del valle. Pero se observa también que durante las sequías hay una afección severa, recibiéndose durante el estiaje un caudal que sólo cubre las demandas a nivel de raíz, y en 1 de 10 años, ni siquiera se puede cubrir esa demanda. Se observa que a nivel general del valle, prácticamente no hay acceso a las aguas subterráneas.

- Como promedio anual, en años normales a secos, se tiene que de todo el caudal disponible (consumido más entregado al mar), sólo un 30% es usado consuntivamente en la cuenca. En años de sequía, debido a la reducción del caudal disponible, este valor aumenta al 72%, incluso con reducción de los terrenos efectivamente regados.

- El uso del acuífero en esta cuenca puede ir más allá de ser un complemento al agua superficial solamente en sequías, debido al potencial de recarga no despreciable, que no tiene cabida en un acuífero lleno, y que se entrega año a año al mar. El potencial de recarga se pueda apreciar en la modelación (GORE-CAZALAC/RODHOS 2006, CRDP-ULS 2016). El acuífero lleno se refleja en los niveles estáticos, que en casi todos los pozos controlados del valle está a pocos metros de profundidad. La imposibilidad de realizar recarga artificial en este acuífero, debido a la falta de espacio, se muestra también en el estudio DGA-AC 2012.

- En el momento en que el acuífero llegue a bajar de nivel, lo que ocurrirá fundamentalmente sólo en sequías, comenzará a cobrar realidad la tan mentada gestión integrada, en que temporalmente se surtirá los déficits superficiales

desde los acuíferos, haciendo uso de este almacenamiento natural, subutilizado hasta la actualidad.

- Los acuíferos que se recargan fundamentalmente con percolaciones de las ineficiencias de riego y de canales, sufren con el aumento de eficiencia que genera la tecnificación y el revestimiento.

En relación con las sequías, la principal recomendación emanada de los diversos estudios de modelación llevados a efecto en la cuenca, fue la de explorar el acuífero como fuente complementaria de recursos hídricos, y analizar la forma de estudiar su comportamiento a través de pozos existentes o pozos de sequía. Los derechos subterráneos constituidos son muy pocos, y hasta la fecha actual no han permitido evaluar el comportamiento real del acuífero.

El año 2015, CORFO llamó a un estudio hidrogeológico de la cuenca del Choapa, que fue realizado por Hidrogestión, empresa que ha facilitado algunos de sus resultados. Sin embargo, lamentablemente el modelo hidrogeológico utilizado, Feflow, no es un modelo usual, requiere licencia para su uso, y no se han puesto a disposición los datos de entrada que alimentaron este modelo, ni los resultados en forma masiva. De este modo, hay elementos que aún siguen siendo difíciles de conocer, incluso habiendo sido estudiados y modelados.

Se puede señalar que en el Plan Maestro (2013) se proponen las siguientes medidas para paliar las sequías:

- las sequías meteorológicas son difíciles de pronosticar, pero las hidrológicas no tanto. De ahí la importancia de estudiar éstas últimas, con miras a racionalizar el uso del agua.

- La Resolución Nº 1674 (ex 39) hasta ahora no considera la demanda como una variable relevante para la determinación de la severidad de una sequía. Debiera incluirla.

- Entre las soluciones de largo plazo para enfrentar las sequías, los embalses aparecen como la más directa. Sin embargo, se ha visto que tampoco son una solución cuando la sequía es más larga de lo previsto. Por ello, se consideró necesario poder contar con una fuente alternativa, como los acuíferos.

- Se destaca la importancia de fortalecer las organizaciones de usuarios, para que puedan aplicar medidas de emergencia, como mejoramiento de la gestión, medición (automatización, celadores).

- Se propone también, estudiar la forma de mejorar la predicción de las sequías, y de apoyar a los agricultores con una política de seguros. Se menciona como ejemplo a Australia, donde las sequías no se enfrentan como un desastre frente al cual se reacciona, sino que como un riesgo propio de cualquier actividad industrial. Se promueve la ayuda financiera a los agricultores, para mejorar su capacidad de gestión frente al riesgo.

Finalmente, en el Plan Maestro se propone un Plan de Sequía, basado en el concepto de usar fuentes alternativas (acuíferos) no sobreexplotadas, cuando escasean severamente las fuentes superficiales. En esta condición se encontrarían todos los acuíferos de la cuenca del Choapa, salvo el de Canela.

El Plan de Sequía aporta medidas estructurales y de gestión, preventivas y paliativas, para reducir los efectos de una sequía. Las medidas preventivas se debieran aplicar desde ya, mientras que las paliativas, una vez declarada la sequía extraordinaria por la DGA.

En la cuenca del Choapa, los sectores más afectados serían los siguientes:

- Choapa sobre Cuncumén (no tiene pozos)
- Chalinga (muy pocos pozos)
- Choapa Medio
- Illapel Alto (no tiene acuíferos)
- Illapel Medio (no tiene muchos pozos)
- Huentelauquén (no tiene muchos pozos)

En cuanto a los problemas de falta de agua potable rural, los problemas se han reportado en las localidades del estero Canela, y estero Camisas, en los sectores altos que justamente se ubican fuera de los sistemas de acuíferos principales.

Las medidas propuestas fueron las siguientes:

a) Medidas preventivas

- Ordenar el sistema de pozos en los acuíferos señalados
- Resolver las solicitudes pendientes o en trámite
- Explorar los acuíferos restringidos mediante derechos provisionales

b) Medidas paliativas y de prevención para nuevas sequías

- Acuífero Choapa Alto sobre Cuncumén: Construir dos pozos, explotar hasta descenso máximo 10 m
- Acuífero Choapa Alto bajo Cuncumén: Usar pozos de minera Pelambres para reponer agua del río. Depresión máxima 20 m
- Acuífero Chalinga Alto: Construir 1 pozo, usar hasta depresión máxima 10 m
- Acuífero Chalinga Medio: Construir 1 pozo, usar hasta depresión máxima 15 m
- Acuífero Chalinga Bajo: Construir 2 pozos, usar hasta depresión máxima 20 m
- Acuífero Choapa Medio: Hacer convenio con 4 pozos, depresión máxima 20 m.
- Acuífero Illapel Alto: Construir 3 pozos y deprimir como máximo hasta 5 m.
- Acuífero Illapel Medio: Hacer convenio de uso con 2 pozos, deprimir hasta máximo 5 m
- Acuífero Illapel Bajo: Hacer convenio con 2 pozos, deprimir hasta máximo 10 m.
- Acuífero Huentelauquén: Hacer convenio con 2 pozos, usar hasta llegar a depresión máxima de 10 m.

c) Para los sistemas APR

- Hacer pozos de reserva más profundos que los que han fallado, para las APR con problemas, que se ubican dentro de los sectores acuíferos principales
- Materializar pozos de reserva dentro del acuífero principal más cercano a la localidad con problemas, y tender una cañería hasta ella.

Del presente estudio, surge como medida para mitigar el problema de algunas aguas potables rurales, los aportes de agua superficial a los pozos, que responden a acuerdos con las Juntas de Vigilancia. Cuantitativamente se trata de pocos litros por segundo (la demanda de APR es de 36 l/s en toda la cuenca, y sólo algunos tienen problemas en sequía), por lo cual los regantes consienten estos aportes.

En el caso específico del estero Canela, éste está considerado en el Plan de Sequía del Plan Maestro, con medidas preventivas para el agua potable y APR, y con una medida permanente de una tubería que lleva 200 l/s desde el río Choapa. No se presentaron medidas paliativas de gestión, porque no había fuente a la cual recurrir. No se podía proponer explotar el acuífero, porque los pozos existentes se estaban secando.

5.9 SERVICIOS DE AGUA POTABLE URBANA (APU) Y RURAL (APR)

5.9.1 Consumos de agua potable urbana y rural

La cuenca del Choapa posee sistemas de agua potable manejados por la empresa Aguas del Valle S.A., que ofrecen una cobertura de suministro en las áreas urbanas cercano al 100% en las ciudades de Canela, Illapel, Salamanca y Los Vilos (SISS, 2015). Las fuentes hídricas para la ciudad de Illapel son diversas, proviniendo del acuífero Illapel (Dren Asiento Viejo y Dren Álvaro Pérez), y aguas superficiales del canal Potrero. Salamanca obtiene el agua desde el acuífero Choapa (Dren Santa Rosa), mientras que Canela Alta y Baja lo hacen desde el acuífero del estero Canela (Dren estero Canela Alta y Dren estero Canela baja). (CONIC-BF, 2013; SISS 2012.). Tabla 5.9-1.

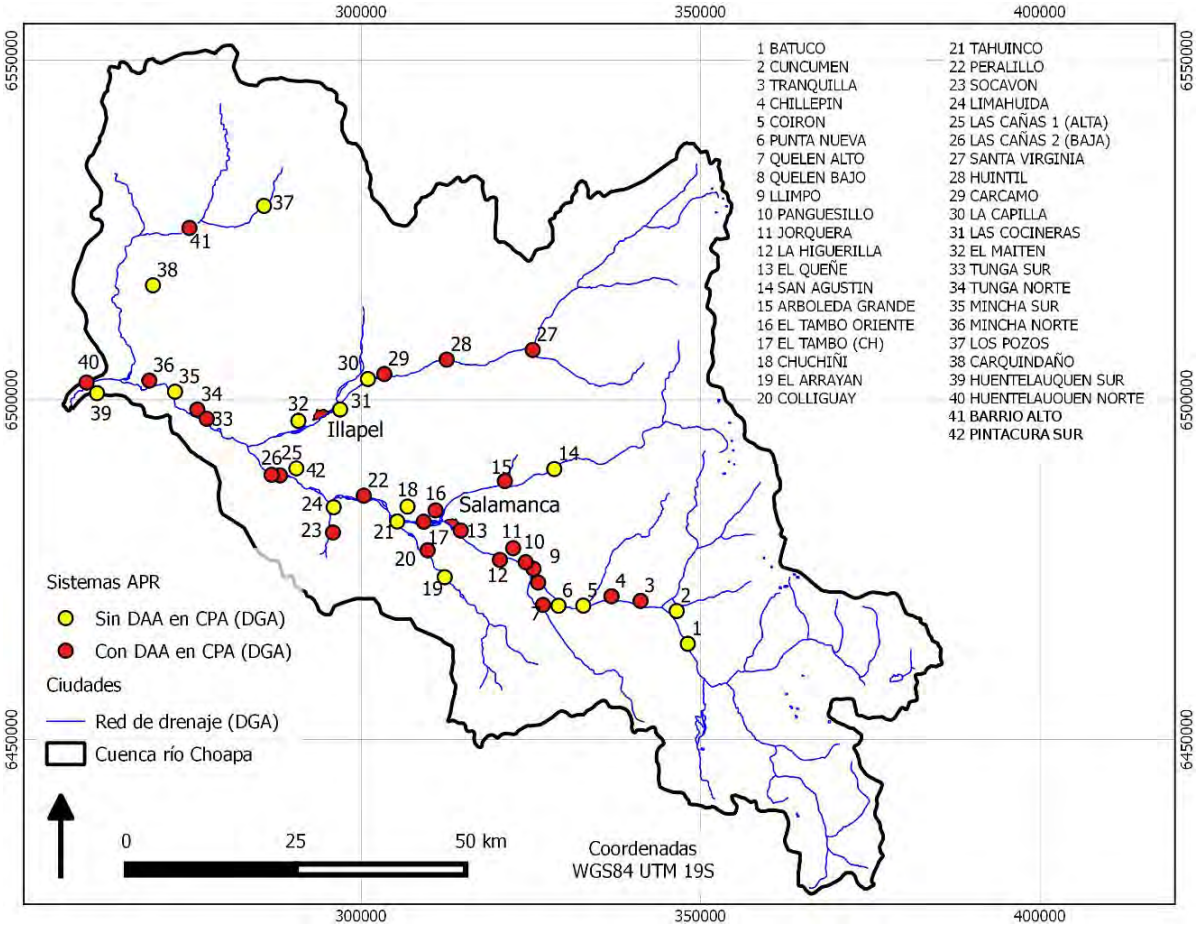
Tabla 5.9-1 Captaciones destinadas a Agua Potable Urbana

Localidad	Fuente	Derechos PD 2013 (SISS)	Población abastecida	Caudal Producción (l/s)	Caudal Consumo anual (l/s)	% Pérdida	Caudal Ag Servidas (l/s)
Salamanca	Dren Santa Rosa	45 l/s	14977	46.4	29.4	36.7	21.9
	Pozo Nº 3 Chuchiní	10 l/s					
	Canal El Pardo	4 l/s					
	Canal Molino de Peralillo	1 acción					
Illapel	Canal Potrero	49.54 l/s + 50 l/s event	25574	58.4	38.7	31.3	28.6
	Dren Asiento Viejo	40 l/s					
	Dren Álvarez Pérez	32.1 l/s					
	3 pozos	12 l/s					
	Noria Santa Herminia	16.7 l/s					
	Noria ex pozo Copec	15 l/s					
Canela Alta	Dren Antiguo	4 l/s	1131	3.4	2.1	26.2	0.7
Canela Baja	Dren Est.Canela Baja	7 l/s	1968	4.3	3.1	28.2	1.7
Total			**43650**	**112.5**	**73.3**		**52.9**

Fuente: SISS Planes de Desarrollo 2012, proyecciones para año 2017

Con respecto al agua potable rural, la primera información más precisa acerca del consumo en la cuenca del Choapa se compendió en el estudio CAZALAC/RODHOS 2006, para el año 2003, donde para 35 localidades con 24.143 habitantes y 4983 arranques, había un consumo total de 364.304 m3/año (el equivalente a 12 l/s). Con ocasión del Plan Maestro CONIC-BF 2013, se actualizó el consumo de agua potable rural, llegando a 40 localidades (más tres sin información de uso de agua), con 27.730 habitantes, 7586 arranques y un consumo de 796.936 m3/año (25 l/s). Finalmente, CAZALAC realizó un estudio el año 2016, en el cual llegó a la conclusión que la información no es de buena calidad en la mitad de los casos, y sólo se pueden hacer buenas estimaciones. En ese estudio, en la cuenca del Choapa se llegó a identificar 42 localidades, para las cuales no se estimó la población abastecida, sino que solamente el número de arranques, que llega a 11.406. La producción se estimó en 1.314.000 m3/año (42 l/s), las pérdidas en un 15% (197.100 m3/año), y el uso consuntivo, por lo tanto, se estimó en 1.120.161 m3/año, es decir, unos 36 l/s (CAZALAC 2016). Las localiades se muestran en la Figura 5.9-1.

Figura 5.9-1 Localización de los sistemas de APR en la cuenca de Choapa



5.9.2 Cobertura

Con respecto a la cobertura, los sistemas urbanos poseen agua potable y alcantarillado con coberturas prácticamente totales. Existen plantas de tratamiento de aguas servidas en todos los sistemas urbanos. En Canela existen dos plantas de tratamiento que utilizan el método de lodos activados (Canela Alta y Canela Baja), una planta en Illapel y otra en Salamanca que emplean sistemas de lagunas aireadas, y un Emisario Submarino en Los Vilos (SISS, 2016). Sin embargo, esta situación cambia en el plano rural. Conforme a lo indicado por Agraria (2009), un poco más del 70% de los hogares rurales de la cuenca de Choapa poseen agua potable, con el mayor porcentaje de ello en la zona de Salamanca (95% de cobertura). Un porcentaje muy menor posee alcantarillado, aunque no se especifica qué porcentaje tiene saneamiento individual. Es así que, en cuanto a las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas, administradas por los sistemas de APR (sin contar aquellas que proporcionan cobertura a localidades rurales, pero que no son administradas por los servicios de APR), es posible mencionar sólo el sistema de El Esfuerzo, con un volumen de agua tratada mensual estimado en los 5.000 m3, con una población cubierta estimada en las 2.750 personas.

Respecto de la entrada en vigencia de la nueva ley de Servicios Sanitarios Rurales, ésta busca lograr el saneamiento mediante alcantarillado, de toda la población rural. Se hará necesario realizar un diagnóstico cuidadoso, para reconocer la existencia de los sistemas de saneamiento individual donde ya existen, y evitar la concentración innecesaria del agua servida en sistemas de alcantarillado, con la consiguiente necesidad de tratamiento en plantas de las aguas servidas. Este tipo de solución requeriría un aumento significativo del nivel técnico de administración para que estos sistemas funcionen adecuadamente, y elevaría fuertemente los costos del servicio para la población rural.

De todas formas, lo que hoy inquieta más a la población rural es la continuidad del servicio de agua potable, especialmente en épocas de sequía.

5.9.3 Derechos otorgados

El agua potable urbana es provista por la empresa Aguas del Valle, y cubre las localidades de Illapel, Salamanca, Canela Alta y Canela Baja, con alcantarillado y plantas de tratamiento. En la Tabla 5.9-1, más arriba, se muestran las fuentes de agua para cada localidad, los derechos de agua, la población abastecida, producción, consumo anual, % de pérdidas y caudal de aguas servidas.

La cobertura de agua potable rural de la cuenca está conformada por 42 sistemas APR, de los cuales 34 cuentan con derechos constituidos y formalizados ante la DGA, y registrados en el CPA (218,4 l/s, Tabla 5.9-2). En la gran mayoría de los servicios la producción de agua se efectúa en base a fuentes subterráneas, a excepción de los servicios de El Arrayán-El Palquial y Peladeros, del estero Camisas, que poseen fuente superficial. Esta cifra total de 218,4 l/s no coincide con lo señalado bajo APR en la Tabla 5.3-5 (253,7 l/s), debido a que en este último caso se han agregado algunos derechos menores adicionales que figuran como uso de bebida en el CPA, y que no corresponden a agua potable rural.

Tabla 5.9-2 Derechos de comités de APR (cuenca de Choapa)

COMUNA	SISTEMA	NATURALEZA	Q (l/s)
Canela	COMITE DE AGUA POTABLE RURAL HUENTELAUQUEN SUR.	Subterránea	4,0
Canela	COMITE DE AGUA POTABLE RURAL BARRIO ALTO	Subterránea	3,0
Canela	COMITE DE AGUA POTABLE RURAL MINCHA NORTE	Subterránea	2,5
Canela	COMITE AGUA POTABLE RURAL DE HUENTELAUQUEN NORTE	Subterránea	4,2
Canela	COMITE DE AGUA POTABLE RURAL HUENTELAUQUEN SUR.	Subterránea	2,2
Illapel	COMITE DE AGUA POTABLE QUEBRADA DE CARCAMO SUR	Subterránea	3,0
Illapel	COMITE DE AGUA POTABLE RURAL DE TUNGA SUR	Subterránea	10,8
Illapel	COMITE DE AGUA POTABLE RURAL DE TUNGA NORTE	Subterránea	5,0
Illapel	COMITE DE AGUA POTABLE RURAL SOCAVON	Subterránea	5,0
Illapel	COMITE DE AGUA POTABLE RURAL PERALILLO	Subterránea	4,0
Illapel	COMITE AGUA POTABLE RURAL SANTA VIRGINIA	Subterránea	5,5
Illapel	COMITE DE AGUA POTABLE RURAL DE CARCAMO	Subterránea	5,6
Illapel	COMITE DE AGUA POTABLE RURAL DE CARCAMO	Subterránea	2,5
Illapel	COMITE AGUA POTABLE RURAL HUINTIL SUR	Subterránea	5,0
Illapel	COMITE AGUA POTABLE RURAL CAÑAS 1	Subterránea	9,0
Illapel	COMITE DE AGUA POTABLE RURAL DE CARCAMO	Subterránea	2,5
Illapel	COMITE DE AGUA POTABLE RURAL LAS CAÑAS DOS Y CHOAPA VIEJO	Subterránea	6,0
Illapel	COMITE AGUA POTABLE RURAL CAÑAS 1	Subterránea	8,3
Salamanca	COMITE DE AGUA POTABLE QUELEN ALTO	Subterránea	7,6
Salamanca	COMITE DE AGUA POTABLE RURAL EL TAMBO	Subterránea	8,0
Salamanca	COMITE AGUA POTABLE DE PANQUESILLO	Subterránea	8,7
Salamanca	COMITE DE AGUA POTABLE RURAL EL QUEÑE	Subterránea	8,5
Salamanca	COMITE AGUA POTABLE RURAL LA HIGUERILLA	Subterránea	12,0
Salamanca	COMITE DE AGUA POTABLE RURAL DE TRANQUILLA	Subterránea	10,0
Salamanca	COMITE DE A.P.R. CUNLAGUA - ARBOLEDA GRANDE - ELTEBAL	Subterránea	7,5
Salamanca	COMITE DE AGUA POTABLE RURAL DE LLIMPO	Subterránea	12,0
Salamanca	COMITE DE A.P.R. CUNLAGUA - ARBOLEDA GRANDE - ELTEBAL	Subterránea	5,0
Salamanca	COMITE DE AGUA POTABLE RURAL JORQUERA	Subterránea	10,0
Salamanca	COMITE DE AGUA POTABLE RURAL QUELEN BAJO	Subterránea	4,0
Salamanca	COMITE DE AGUA POTABLE RURAL DE CHILLEPIN	Subterránea	16,0
Salamanca	COMITE DE AGUA POTABLE RURAL COLLIGUAY	Subterránea	5,0
Salamanca	COMITE DE AGUA POTABLE RURAL EL TAMBO ORIENTE	Subterránea	10,0
Salamanca	COMITE DE AGUA POTABLE RURAL CAMISA PELADEROS	Superficial y Corriente	4,0
Salamanca	COMITE DE AGUA POTABLE RURAL EL ARRAYAN	Superficial y Corriente	2,0
TOTAL			218,4

Fuente: CPA de la DGA, abril 2017

5.9.4 Problemas de abastecimiento

En cuanto al agua potable urbana, durante la sequía (2011-2014) hubo problemas de reducción crítica de caudales disponibles en Illapel y Canela. En Illapel, la situación fue mitigada por la muy buena cooperación entre la empresa Aguas del Valle y la Junta de Vigilancia, que mantienen un convenio pecuniario el cual permitió dar prioridad al agua potable.

En la subcuenca de Canela, la sequía duró más de 10 años y fue devastadora. El agua potable urbana se sostuvo, pero casi todas las localidades rurales tuvieron que ser abastecidas con camiones aljibe. El frente de mayo de 2017 hizo escurrir el estero después de 15 años de sequedad, y trajo nuevas esperanzas a la cuenca.

En Salamanca no se registraron problemas de abastecimiento durante la sequía.

Para el agua potable urbana, el problema de la sequía ha tenido un tratamiento estructural, en la actualización de los Planes de Desarrollo realizada el año 2012, para el período 2012-2027. Las inversiones consideradas para cada una de las localidades urbanas de la cuenca son las que se muestran en la Tabla 5.9-3 adjunta.

Tabla 5.9-3 Inversiones estructurales en agua potable urbana (UF sin IVA)

Localidad	Producción	Distribución	Recolección	Disposición	TOTAL
Illapel	10339	16749	0	1301	28390
Salamanca	19635	9317	0	1077	30030
Canela Alta y Baja	3491	28140	0	12773	44404

Fuente: SISS, Planes de Desarrollo 2012

En cuanto a la calidad, con ocasión de las lluvias de mayo de 2017, se registraron problemas de turbiedad en los drenes generadores de agua potable de Illapel, lo que ocasionó un corte programado por parte de la empresa, de casi tres días de duración. Al respecto, la empresa Aguas del Valle estableció más de 22 estanques en diferentes sectores de la ciudad, e implementó el suministro mediante camiones aljibe. Fue un problema ocasional, que, sin embargo, dejó de manifiesto el efecto notorio de aporte de sedimento que tienen los depósitos de relaves, los cuales se encuentran en forma ubicua en las cercanías de la localidad de Illapel.

La prolongada sequía de los últimos años también dejó en evidencia la precariedad de muchos servicios de agua potable rural. El número estimado de sistemas de APR de la región, que tuvieron que ser abastecidos mediante camiones aljibe de manera total y/o parcial, fue de 70 servicios, durante el año 2015-16. Superada la afectación por causa de este fenómeno, en la provincia de Choapa esta situación persistía en 6 sistemas de APR (3 de Salamanca, 1 en Illapel, y 2 en Los Vilos), los que requerían de forma parcial el suministro de agua suplementario mediante camiones aljibe (CAZALAC, 2016).

Por otro lado, es importante destacar que, fuera del conjunto de servicios de APR bajo el programa de la Dirección de Obras Hidráulicas, existe un grupo de sistemas considerados artesanales o vulnerables, que en la Provincia de Choapa son los siguientes: 13 en la comuna de Illapel (Cárcamo Norte, Quebrada de Cñarcamo, Mal Paso, Tunquén, Doña Juana, Los Loros, Cotuntagua Sur, Cañas de Michío, Coyuntagua Norte, Huintil Norte, Los Cristales, Plan de Hornos, Villa La Espiga-Villa Las Rosas), 4 en Salamanca (Manquehua, La Jarilla, Huanque y Tencadán) y 5 en Los Vilos (que no pertenece a la cuenca del Choapa), con una población abastecida estimada de 3.400 personas (CAZALAC, 2016). Estos servicios se caracterizan principalmente por su precariedad en cuanto a derechos, en cuanto a asesorías técnicas y de gestión que no reciben de las empresas sanitarias, en cuanto al aseguramiento del suministro desde sus fuentes de agua e infraestructura, pues no son materia de mejoramiento por parte de la DOH, situándose en un estándar muy por debajo del establecido por el Programa de APR.

El Plan no puede hacerse cargo de la solución para estos APR, sin embargo, puede ocuparse en tratar de asegurar que a futuro tanto el GORE como las Municipalidades que construyen sistemas de APR, cumplan los estándares de la DOH, de modo que estos sistemas puedan ingresar a la cartera DOH para fines posteriores.

En el estudio CAZALAC 2016 se identifican las acciones de mejoramiento requeridas en los APR que actualmente tienen dificultades de abastecimiento por este concepto. Estas acciones de mejoramiento se incorporan en el Plan.

Respecto de la entrada en vigencia de la nueva ley de Servicios Sanitarios Rurales, ésta busca lograr la profesionalización de la gestión, una mejor cobertura y el saneamiento mediante alcantarillado, de toda la población rural. Se hará necesario realizar un diagnóstico cuidadoso, para reconocer la existencia de los sistemas de saneamiento individual donde ya existen, y mejorar su funcionamiento, de manera de evitar la concentración innecesaria del agua servida en sistemas de alcantarillado, con la consiguiente necesidad de tratamiento en plantas de las aguas servidas. Este tipo de solución requeriría un aumento significativo del nivel técnico de administración para que estos sistemas funcionen adecuadamente, y elevaría fuertemente los costos del servicio para la población rural, además de generar un efluente concentrado donde hoy no existe.

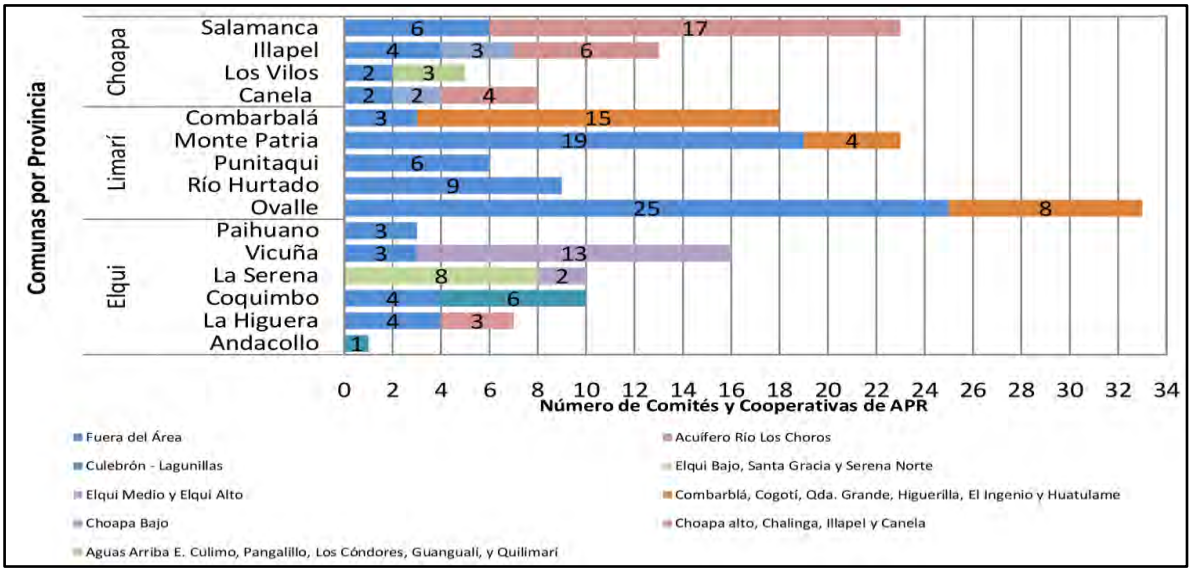
En el estudio DGA, 2017, sobre calidad de las aguas subterráneas, se hizo el análisis de agua cruda de todos los APR de la cuenca del Choapa. En dicho estudio, en 19 de los 30 pozos analizados la calidad es buena a excelente, cumpliendo con las normas NCh 409 y 1333. Las excepciones son 7 pozos con excesos sobre la norma NCh 409, de Hierro y Sodio, y 4 pozos con excesos sobre la norma NCh 1333, de Hierro y Manganeso. Las conductividades en todos los casos son inferiores a 750 umhos/cm.

5.9.5 APR en zonas de agotamiento y áreas de restricción

Cabe recordar que el Código de Aguas establece la potestad de la DGA para declarar áreas de restricción, lo que en la práctica se ha traducido en una serie de resoluciones del organismo para diversos sectores hidrogeológicos. Son áreas de restricción para nuevas solicitudes aquellos sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común en los que existe el riesgo de grave disminución de un determinado acuífero, con el consiguiente perjuicio de derechos de terceros ya establecidos en él.

La Figura 5.9-2 muestra el número de comités y cooperativas que se ubican en los distintos sectores hidrogeológicos bajo restricción definidos por la DGA en la Región de Coquimbo.

Figura 5.9-2 Comités y cooperativas por sectores hidrogeológicos restringidos



Fuente: CAZALAC, 2016

En la siguiente Tabla 5.9-4 se individualizan los comités y cooperativas insertos en áreas bajo declaración de agotamiento (recursos superficiales), y áreas de restricción (recursos subterráneos).

Tabla 5.9-4 Comités y cooperativas en áreas declaradas agotadas o restringidas

Servicio APR	Comuna	Cuenca Hidrográfica Principal	Declaración de Agotamiento (Recursos Superficiales)	Área de Restricción (Recursos Subterráneos)
BARRIO ALTO	CANELA	Cuenca del Choapa	SI- RÍO CHOAPA Y SUS AFLUENTES	SI - CHOAPA ALTO, CHALINGA, ILLAPEL Y CANELA
CARQUINDAÑO	CANELA	Cuenca del Choapa	SI- RÍO CHOAPA Y SUS AFLUENTES	SI - CHOAPA ALTO, CHALINGA, ILLAPEL Y CANELA
HUENTELAUQUEN NORTE	CANELA	Cuencas Costeras Río Limarí - Río Choapa	NO	NO
HUENTELAUQUEN SUR	CANELA	Cuencas Costeras Río Choapa - Río Quilimarí	NO	NO
LOS POZOS	CANELA	Cuenca del Choapa	SI- RÍO CHOAPA Y SUS AFLUENTES	SI - CHOAPA ALTO, CHALINGA, ILLAPEL Y CANELA
LOS RULOS	CANELA	Cuenca del Choapa	SI- RÍO CHOAPA Y SUS AFLUENTES	SI - CHOAPA ALTO, CHALINGA, ILLAPEL Y CANELA
MINCHA NORTE	CANELA	Cuenca del Choapa	SI- RÍO CHOAPA Y SUS AFLUENTES	SI - CHOAPA BAJO
MINCHA SUR	CANELA	Cuenca del Choapa	SI- RÍO CHOAPA Y SUS AFLUENTES	SI - CHOAPA BAJO
CARCAMO-LA COLONIA	ILLAPEL	Cuenca del Choapa	SI- RÍO CHOAPA Y SUS AFLUENTES	SI - CHOAPA ALTO, CHALINGA, ILLAPEL Y CANELA
HUINTIL	ILLAPEL	Cuenca del Choapa	SI- RÍO CHOAPA Y SUS AFLUENTES	SI - CHOAPA ALTO, CHALINGA, ILLAPEL Y CANELA
LA CAPILLA	ILLAPEL	Cuenca del Choapa	SI- RÍO CHOAPA Y SUS AFLUENTES	SI - CHOAPA ALTO, CHALINGA, ILLAPEL Y CANELA

Servicio APR	Comuna	Cuenca Hidrográfica Principal	Declaración de Agotamiento (Recursos Superficiales)	Área de Restricción (Recursos Subterráneos)
LAS CAÑAS 1 (ALTA)	ILLAPEL	Cuenca del Choapa	SI- RÍO CHOAPA Y SUS AFLUENTES	SI - CHOAPA BAJO
LAS CAÑAS 2 (BAJA)	ILLAPEL	Cuenca del Choapa	SI- RÍO CHOAPA Y SUS AFLUENTES	NO
LAS COCINERAS	ILLAPEL	Cuenca del Choapa	SI- RÍO CHOAPA Y SUS AFLUENTES	SI - CHOAPA ALTO, CHALINGA, ILLAPEL Y CANELA
LIMAHUIDA	ILLAPEL	Cuenca del Choapa	SI- RÍO CHOAPA Y SUS AFLUENTES	NO
PERALILLO	ILLAPEL	Cuenca del Choapa	SI- RÍO CHOAPA Y SUS AFLUENTES	NO
PINTACURA SUR	ILLAPEL	Cuenca del Choapa	SI- RÍO CHOAPA Y SUS AFLUENTES	SI - CHOAPA ALTO, CHALINGA, ILLAPEL Y CANELA
SANTA VIRGINIA	ILLAPEL	Cuenca del Choapa	SI- RÍO CHOAPA Y SUS AFLUENTES	SI - CHOAPA ALTO, CHALINGA, ILLAPEL Y CANELA
SOCAVON	ILLAPEL	Cuenca del Choapa	SI- RÍO CHOAPA Y SUS AFLUENTES	NO
TUNGA NORTE	ILLAPEL	Cuenca del Choapa	SI- RÍO CHOAPA Y SUS AFLUENTES	SI - CHOAPA BAJO
TUNGA SUR	ILLAPEL	Cuenca del Choapa	SI- RÍO CHOAPA Y SUS AFLUENTES	SI - CHOAPA BAJO
EL MAITÉN	ILLAPEL	Cuenca del Choapa	SI- RÍO CHOAPA Y SUS AFLUENTES	SI - CHOAPA ALTO, CHALINGA, ILLAPEL Y CANELA
CAIMANES	LOS VILOS	Pupío	NO	NO
EL ESFUERZO	LOS VILOS	Quilimarí	NO	NO
EL MANZANO DE GUANGUALÍ	LOS VILOS	Choapa	SI- RÍO CHOAPA Y SUS AFLUENTES	SI - CHOAPA ALTO, CHALINGA, ILLAPEL Y CANELA
GUANGUALI	LOS VILOS	Quilimarí	NO	SI - AGUAS ARRIBA EMBALSE CULIMO, PANGALILLO, LOS CONDORES, GUANGUALÍ, Y QUILIMARÍ
LOS CÓNDORES	LOS VILOS	Quilimarí	NO	SI - AGUAS ARRIBA EMBALSE CULIMO, PANGALILLO, LOS CONDORES, GUANGUALÍ, Y QUILIMARÍ
QUILIMARI	LOS VILOS	Quilimarí	NO	SI - AGUAS ARRIBA EMBALSE CULIMO, PANGALILLO, LOS CONDORES, GUANGUALÍ, Y QUILIMARÍ
ARBOLEDA GRANDE	SALAMANCA	Choapa	SÍ	SI - CHOAPA ALTO, CHALINGA, ILLAPEL Y CANELA
BATUCO	SALAMANCA	Choapa	SÍ	SI - CHOAPA ALTO, CHALINGA, ILLAPEL Y CANELA
CHILLEPIN	SALAMANCA	Choapa	SÍ	SI - CHOAPA ALTO, CHALINGA, ILLAPEL Y CANELA
CHUCHIÑI	SALAMANCA	Choapa	SÍ	NO
COIRON	SALAMANCA	Choapa	SÍ	SI - CHOAPA ALTO, CHALINGA, ILLAPEL Y CANELA
COLLIGUAY	SALAMANCA	Choapa	SÍ	NO
CUNCUMEN	SALAMANCA	Choapa	SÍ	SI - CHOAPA ALTO, CHALINGA, ILLAPEL Y CANELA
EL ARRAYAN/EL PALQUIAL	SALAMANCA	Choapa	SÍ	NO

Servicio APR	Comuna	Cuenca Hidrográfica Principal	Declaración de Agotamiento (Recursos Superficiales)	Área de Restricción (Recursos Subterráneos)
EL QUEÑE	SALAMANCA	Choapa	SÍ	SI - CHOAPA ALTO, CHALINGA, ILLAPEL Y CANELA
EL TAMBO CENTRO	SALAMANCA	Choapa	SÍ	SI - CHOAPA ALTO, CHALINGA, ILLAPEL Y CANELA
EL TAMBO ORIENTE	SALAMANCA	Choapa	SÍ	NO
JORQUERA	SALAMANCA	Choapa	SÍ	SI - CHOAPA ALTO, CHALINGA, ILLAPEL Y CANELA
LA HIGUERILLA	SALAMANCA	Choapa	SÍ	SI - CHOAPA ALTO, CHALINGA, ILLAPEL Y CANELA
LLIMPO	SALAMANCA	Choapa	SÍ	SI - CHOAPA ALTO, CHALINGA, ILLAPEL Y CANELA
PANGUESILLO	SALAMANCA	Choapa	SÍ	SI - CHOAPA ALTO, CHALINGA, ILLAPEL Y CANELA
PELADEROS	SALAMANCA	Choapa	SÍ	No
PUNTA NUEVA	SALAMANCA	Choapa	SÍ	SI - CHOAPA ALTO, CHALINGA, ILLAPEL Y CANELA
QUELEN ALTO	SALAMANCA	Choapa	SÍ	SI - CHOAPA ALTO, CHALINGA, ILLAPEL Y CANELA
QUELEN BAJO	SALAMANCA	Choapa	SÍ	SI - CHOAPA ALTO, CHALINGA, ILLAPEL Y CANELA
SAN AGUSTIN	SALAMANCA	Choapa	SÍ	SI - CHOAPA ALTO, CHALINGA, ILLAPEL Y CANELA
TAHUINCO	SALAMANCA	Choapa	SÍ	NO
TRANQUILLA	SALAMANCA	Choapa	SÍ	SI - CHOAPA ALTO, CHALINGA, ILLAPEL Y CANELA

Fuente: CAZALAC, 2016

En primer término, se observa que 35 de 49 sistemas (catastrados) en la provincia de Choapa se encuentran en alguna de las áreas definidas como Sectores Hidrogeológicos bajo restricción: 5 en Choapa Bajo; 27 en Choapa alto – Chalinga -Illapel –Canela; y 3 en el sector Aguas Arriba E. Culimo – Pangalillo – Los Cóndores – Guangualí – Quilimarí.

Con respecto a áreas de declaración de agotamiento de recursos hídricos superficiales, 6 servicios se ubican en alguna de estas zonas en la en la comuna de Canela, 14 en Illapel, 1 en Los Vilos, y 22 en Salamanca.

En este sentido, el estudio llevado a cabo por Hidrogestión "Modelación Hidrogeológica de la Cuenca del Río Choapa" (2016), da algunas luces respecto de cuáles áreas podrían gestionarse de manera más intensa en sus recursos hídricos subterráneos, estableciendo que existen zonas de mayor capacidad de explotación y recuperación propicios para una propuesta de colocación y puesta en marcha de baterías de pozos profundos en la zona del Choapa Alto en Cuncumén, el Choapa Medio en Limáhuida, Choapa Medio en Salamanca e Illapel, las que reúnen las condiciones necesarias para que el proyecto de extracción-restitución sea efectivo y viable, pudiéndose aprovechar entre el 35 y el 50% del recurso total extraído, sin provocar una merma o perjuicio en los usos superficiales.

Si bien este estudio se centra en las posibilidades de aprovechamiento de estos acuíferos con fines de aumento de la dotación en la agricultura, sería posible evaluar el uso de parte del volumen proveniente de estas intervenciones, para el abastecimiento de agua para consumo humano.

5.10 DIAGNÓSTICO DE LA GOBERNANZA A NIVEL NACIONAL

5.10.1 Bases para el diagnóstico

El diagnóstico que se presenta a continuación describe a los actores (tanto públicos, privados, como no-gubernamentales), funciones y responsabilidades de las instituciones vigentes y su efectividad para implementar una GIRH en la Cuenca de Choapa.

Con el fin de definir cuáles serían las instituciones que debieran participar en una gobernanza, se analizan las instituciones a nivel nacional, regional y provincial que tienen relación con la gestión del agua, tales como como la DGA, DOH, CNR, INDAP, SAG y SISS. Además, se analizan otras organizaciones territoriales que son fundamentales para lograr una GIRH, como los comités de agua potable rural, los municipios, las organizaciones de usuarios del agua (asociación de canalistas, juntas de vigilancia), quienes son los mandatados a realizar la gestión local de agua. Por otra parte, también se consideran todas las organizaciones productivas de la cuenca, como las empresas mineras, agricultores de distintos tamaños, cooperativas de productores, empresas de turismo, que poseen derechos de agua, los cuales son distribuidos por las Organizaciones de Usuarios. Y finalmente, se observa el avance en gobernanza y GIRH que están logrando las instituciones como el Directorio Regional del Agua, las Mesas Provinciales y el Consejo Comunal de Agua, todas iniciativas que se han desprendido de necesidades reales y sentidas en la cuenca, de compartir criterios en torno a la administración de un recurso escaso, durante una sequía muy larga.

En resumen, los actores de la gobernanza provendrían desde los siguientes sectores:

- Organizaciones productivas de la cuenca
- Diversas divisiones del estado que se relacionan con la gestión del agua
- Organizaciones territoriales formales
- Agrupaciones informales con foco en el agua
- Legisladores

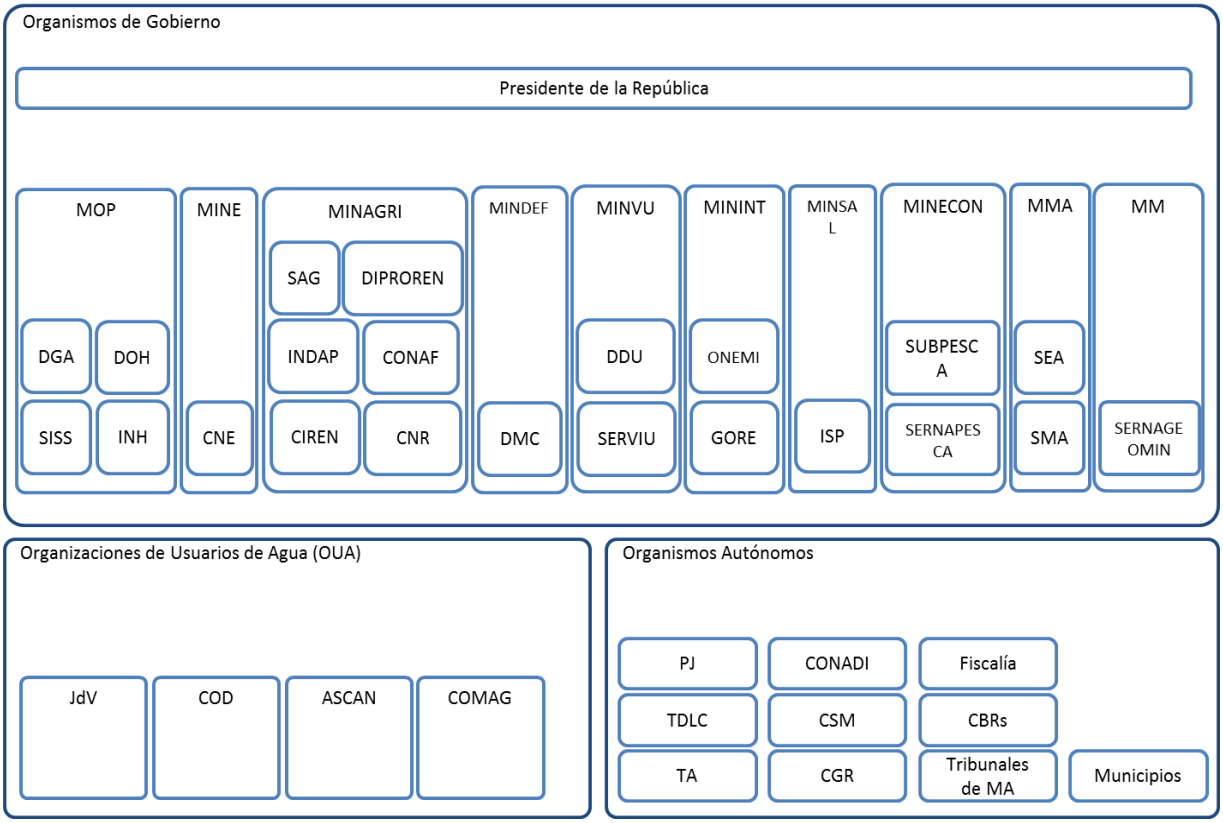
El diagnóstico institucional a nivel nacional se basa en información disponible en los siguientes estudios, entre otros:

- Delegado Presidencial para los Recursos Hídricos. 2014. Análisis de la situación hídrica en Chile. G. d. C. Ministerio del Interior.
- Banco Mundial. 2011. Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos. Santiago, Chile: Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Chile.
- Banco Mundial 2013. Estudio para el mejoramiento del marco institucional para la gestión del agua, Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas de Chile.
- Banco Mundial 2014. Plan para el mejoramiento institucional de la DGA, Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas de Chile.
- Instituto de Ingenieros de Chile. 2011. Temas Prioritarios para una Política Nacional de Recursos Hídricos.
- OECD. 2011. Water Governance in OECD Countries: A Multi-level Approach, OECD Studies on Water, OECD Publishing.
- OECD. 2012. Water Governance in Latin America and the Caribbean: A Multi-Level Approach. Paris, France, OECD Publishing.

El estudio del Banco Mundial (2013) concluye que existen un total de 43 actores institucionales (Figura 5.10-1), incluyendo Organismos de Gobierno, Organizaciones de Usuarios de Agua y Organismos Autónomos.

De los 43 organismos individualizados se pueden distinguir al menos 3 categorías: la administración del agua a nivel nacional a través de las organizaciones públicas, la gestión local de las aguas a través de las Organizaciones de Usuarios del Agua (OUAs) y organismos llamados autónomos. Se desprende, entonces, que Chile ha adoptado una gobernanza tripartita del agua.

Figura 5.10-1 Mapa de Actores Institucionales para la gestión de los recursos hídricos en Chile



Fuente: Banco Mundial, 2013

A su vez, dentro de estas categorías se encuentran organismos a nivel nacional, regional y a nivel local y con distintos niveles de responsabilidades. La DGA, un Servicio Público a nivel nacional que depende del MOP (Art. 298 del Código de Aguas de 1981 (CA 81)), es una pieza central del marco institucional del agua en Chile.

Las 43 instituciones identificadas (Figura 5.10-1) participan en la ejecución de 102 funciones, las cuales se establecen en los marcos normativos de cada una de las instituciones. El estudio del Banco Mundial (2013) agrupa las 102 funciones en las siguientes 11 macro-funciones o grupos de funciones:

1. Operación del sistema de información comunicación, ciencia y tecnología del agua
2. Formulación y seguimiento de políticas y planes hídricos
3. Administración de DAA y sus mercados
4. Prevención y atención de emergencias
5. Diseño, construcción, operación y mantenimiento de infraestructura hidráulica
6. Obras y mejoramiento en cauces naturales y explotación de áridos
7. Coordinación intersectorial y objetivos sociales ambientales para la gestión de los recursos hídricos (GRH)
8. Instrumentos participativos para la GRH
9. Instrumentos económicos para la GRH
10. Fiscalización y control
11. Acciones judiciales

Del análisis de las macro-funciones, el estudio concluye que varias instituciones tienen mandatos sobre una misma macrofunción. Esta concurrencia, donde participa más de una institución en la realización de una función específica, suele generar problemas. Por ejemplo, en ocasiones, por falta de coordinación o claridad reglamentaria se producen superposiciones, cuando dos instituciones pretenden hacer la misma tarea; o duplicidades, cuando hay interpretaciones distintas y contradictorias de cómo realizar la misma función.

Los casos más relevantes de superposiciones y duplicidades que afectan el desempeño de funciones de gobernabilidad se resumen en la Tabla 5.10-1.

Tabla 5.10-1 Superposiciones y Duplicidades Funciones Gestión de Aguas

Función de Gobernabilidad	**Instituciones que participan en su implementación**
Planificación del agua e infraestructura hidráulica	CNR, DOH, DGA y SERNAGEOMIN
Obtención y Difusión de Información Hidrológica y Meteorológica	DOH, DGA, DMC, SISS, MINE y SERVIU
Realización y actualización de balances hídricos a nivel de cuenca	DGA y CNR
Monitoreo de acuíferos, extracciones y su difusión	DGA, MMA, y SISS
Fiscalización y sanciones	DGA y OUAs
Monitoreo de la calidad del agua	MMA, DGA, SISS, DIPROREN y MINSAL.
Fiscalización de cauces y obras	DGA, SERNAGEOMIN, DOH y Municipios
Gestión de aguas lluvias e interrelación con Aguas Servidas	DOH, SERVIU, DGA y SISS
Seguridad de presas	DOH, DGA y SERNAGEOMIN
Constitución de DAA	DGA y los Tribunales de Justicia
Regularización y perfeccionamiento de DAA	Tribunales de Justicia, DGA, CNR, SAG e INDAP
Constitución de las OUA	DGA, CNR, DOH e INDAP
Monitoreo y promoción del buen funcionamiento de las OUA	DGA y CNR
Fomento a la generación de conocimiento entorno al agua	MMA, DGA, DOH, CNR y grupos privados (universidades, think tanks, ONG, etc.)
Desarrollo de estudios de cambio climático y su difusión	DGA, Universidades, SISS, DMC, MMA, MINE, CNE y CNR

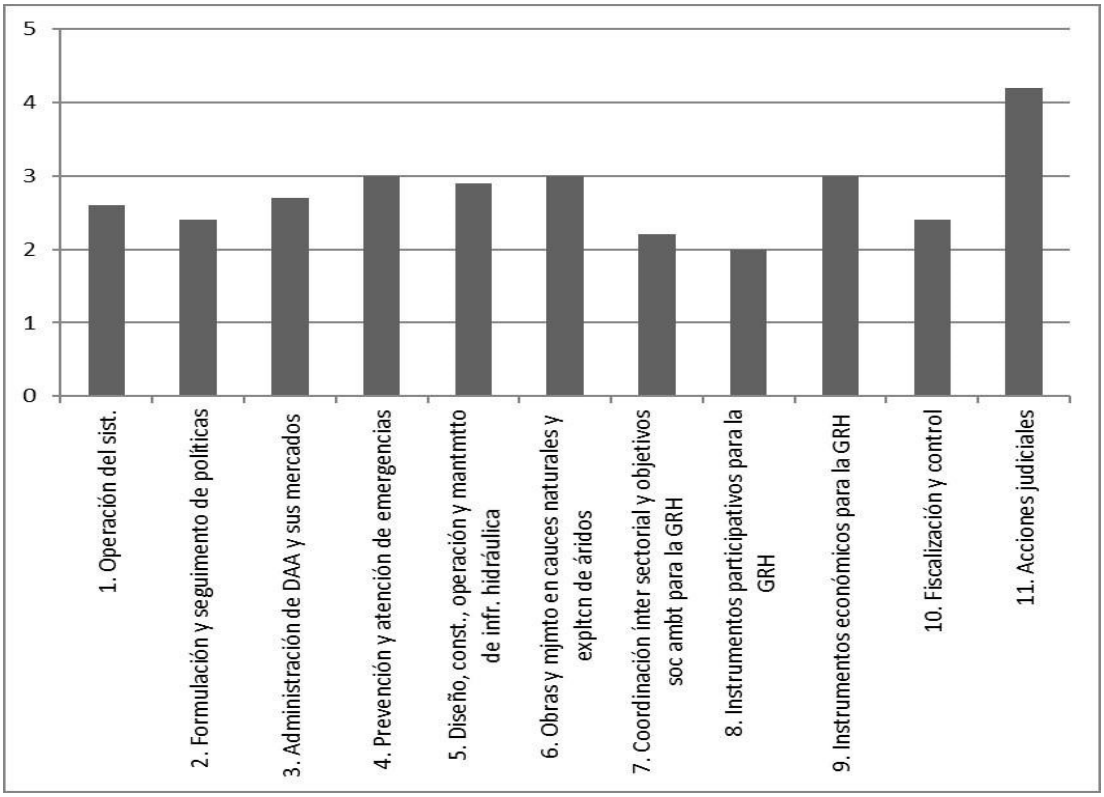
Fuente: Banco Mundial, 2013

Más importante aún, existen importantes funciones que presentan vacíos de relevancia que afectan el desempeño en forma considerable haciendo que algunas tareas no se realicen por completo, en el marco institucional vigente. Tal es el caso de las siguientes funciones:

1. Proponer políticas nacionales, regionales y a nivel de cuencas sobre gestión de aguas e implementación de las mismas.
2. Planificación del recurso hídrico a nivel de las cuencas, que permita generar una GIRH.
3. Coordinación de la gestión a nivel de cuenca.
4. Fiscalización, policía y vigilancia del recurso hídrico.
5. Promoción, fiscalización de OUAs, y resolución de conflictos.
6. Divulgación, educación, promoción y difusión de conocimientos (a todos los actores).
7. Asegurar que no existan impactos negativos sobre el recurso, medio ambiente y sociedad civil.

Se estimó el desempeño de cada una de las 102 funciones agrupadas en 11 macro-funciones, de acuerdo una la escala de 1 a 5, en la cual 1 representa que no se cumple la función y 5 que cumple con los objetivos. Esta evaluación de desempeño se presenta en la Figura 5.10-2. De este análisis se observa que el desarrollo de instrumentos participativos en la GRH, la coordinación intersectorial, la formulación y seguimiento de políticas hídricas, la fiscalización y el control y la operación del sistema de información son las funciones con el menor desempeño.

Figura 5.10-2 Nivel de desempeño de las macro-funciones



Fuente: Banco Mundial, 2013

La coordinación es particularmente importante en la GIRH, dado que la gestión de los recursos hídricos le compete a varias instituciones públicas y privadas, como se vio anteriormente. Se requiere coordinación, no solo para la gestión del agua, sino que también en la formulación de políticas y planes respecto al recurso hídrico. Solo en forma coordinada es posible diseñar planes de GIRH que considere todos los intereses asociados al recurso hídrico y asignar funciones claramente delimitadas a diferentes agencias. Por lo anterior, se requiere de una coordinación de las acciones tanto horizontal como vertical.

La coordinación horizontal se refiere a la coordinación de acciones entre diferentes agencias públicas (ministerios, direcciones y servicios) al mismo nivel de jerarquía. En el contexto de los recursos hídricos, las experiencias internacionales indican que la institucionalidad formal establecida para la coordinación horizontal se puede clasificar como (a) comisiones temáticas que tratan las metas de crecimiento económico y ambiental en forma integrada, y (b) una comisión para el desarrollo sustentable, que ejerce como un ente asesor para las autoridades de los diferentes ministerios.

Como se observa en la Tabla 5.10-2, la coordinación horizontal existente en Chile incluye un Ministerio de tutela (Ministerio de Obras Públicas, MOP), agencias centrales sobre temas relativos al agua (Dirección General de Agua, DGA), dos organismos interministeriales (Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y Consejo de Ministros de la Comisión Nacional de Riego, CNR), entre otros.

Tabla 5.10-2 Mecanismos de coordinación existentes entre ministerios y agencias públicas

Mecanismos de coordinación existentes entre ministerios y agencias públicas	SI	NO	Detalles
Ministerio del agua		X	
Ministerio de tutela	X		MOP a través de la DGA y DOH
Agencia central sobre temas relativos al agua	X		MOP, DGA
Organismo interministerial (Comité, comisión)	X		Consejo de ministros para la sustentablidad y de la CNR
Programa inter-agencias		X	
Grupo de coordinación de expertos		X	
Mecanismo interministerial para enfrentar los desafíos territoriales del agua	X		Comités de trabajo con usuarios vinculados a grandes obras de riego, MINAGRI/MOP

Fuente: Elaboración propia en base a OCDE (2011, 2012), Banco Mundial (2013) y Peña et al (2011).

La coordinación vertical, en cambio, opera entre distintos niveles de jerarquía (por ejemplo, entre la dirección nacional y regional de una agencia pública o entre la junta de vigilancia de una fuente de agua con las asociaciones de canalistas y comunidades de agua dentro de la jurisdicción de la junta de vigilancia.). La coordinación vertical es un proceso que consiste en integrar las actividades de distintos niveles jerárquicos a efectos de alcanzar las metas de gestión hídrica con eficacia. Sin coordinación vertical, la gente perdería de vista sus roles dentro de la organización o institucionalidad, y la legítima tarea de perseguir los objetivos y metas de su nivel podría realizarse a costa o a expensas de las metas globales, lo que hay que evitar. El grado de coordinación

vertical requerido dependerá de la naturaleza de las tareas realizadas y del grado de interdependencia que existe entre las personas de las diversas unidades que las realizan. Cuando estas tareas requieren que exista comunicación entre unidades, o se pueden beneficiar con ella, entonces es recomendable un mayor grado de coordinación vertical. Cuando el intercambio de información es menos importante, el trabajo se puede efectuar con mayor eficiencia, con menos interacción entre unidades. En la Tabla 5.10-3 se presentan los mecanismos existentes de coordinación vertical.

Tabla 5.10-3 Mecanismos existentes de coordinación vertical

Mecanismos existentes de coordinación vertical y efectividad territorial en las políticas del agua	SI	NO	Detalles
Entidades de gestión de cuencas fluviales	X		Juntas de Vigilancias (establecidas por el artículo 263 del Código de Agua) convocan a los usuarios de aguas superficiales y subterráneas de una misma fuente de agua
Regulaciones para compartir funciones entre actores		X	
Agencia o comisión de coordinación		X	
Acuerdos contractuales (entre gobierno central y regionales)	X		Estrategias de desarrollo regional
Organismos o actores intermedios		X	
Transferencias o incentivos financieros	X		Marcos de planeación *
Indicadores de desempeño		X	
Bases de datos comunes			Comités de agua en algunas cuencas fluviales (organizaciones informales)
Conferencias sectoriales entre actores del agua al nivel central y subnacional	X		
Conferencias multisectoriales		X	
Consulta de actores privados	X		Participación ciudadana

Fuente: Elaboración propia en base a OCDE (2011, 2012); Banco Mundial (2013) y Peña et al. (2011)

* Marcos de planeación: En Chile, la entidad pública responsable de la planeación y estructuración de las inversiones en infraestructura para el recurso hídrico es el Ministerio de Obras Públicas (MOP). El MOP, a través de la Dirección de Planeamiento (DIRPLAN), cuenta con un marco de planeación caracterizado por tres niveles de planes. Los tres niveles, en orden de prioridad, son El Plan Director, el Plan Regional, y los Planes Especiales, que tratan proyectos nacionales, regionales, y locales respectivamente. En la Tabla se hace referencia a los marcos de planeación regionales: Plan Maestro, Estrategia Regional de Desarrollo, Plan de Infraestructura MOP, y otros.

Por ende, Chile cuenta con múltiples actores al nivel central que requieren de coordinación entre ministerios o diferentes servicios al mismo nivel (coordinación horizontal) y entre distintos niveles de gobierno (coordinación vertical). Existen varios mecanismos de coordinación; sin embargo, se evidencia deficiencias tanto en coordinación horizontal como vertical (OCDE, 2011 y 2012; Banco Mundial, 2013). A continuación, se señalan los principales problemas de coordinación horizontal y vertical.

a) Problemas de coordinación horizontal

Se produce una descoordinación en la formulación de políticas del agua entre los ministerios y las entidades públicas debido a que no se encuentran alineadas en sus objetivos. Cada institución tiene sus propias metas, las cuales muchas veces no se

relacionan con las metas de las demás instituciones. Por ejemplo, el Ministerio de Medio Ambiente tiene como misión la protección y conservación los recursos hídricos, promoviendo el desarrollo sustentable; la CNR, en cambio, presenta como objetivo estratégico aumentar la superficie de riego en el país. Estas metas se contraponen ya que puede ocurrir que el aumento de la superficie de riego no sea sustentable.

En la Tabla 5.10-4 se presenta una síntesis de los problemas de coordinación horizontal levantados en los documentos respecto a institucionalidad para el recurso hídrico revisados. Si bien es cierto que las políticas o planes no son vinculantes ni normativos, sería del todo conveniente generar una coordinación entre ellos, lo que no reviste gran dificultad, y conduciría en forma más eficiente hacia los objetivos generales y compartidos, perseguidos por todos los involucrados.

Tabla 5.10-4 Síntesis problemas coordinación horizontal

Problema de Coordinación Horizontal	**Instituciones involucradas**
Descoordinación en la formulación de políticas del agua entre ministerios y entidades públicas a nivel de gobierno.*	MMA, MINAGRI, MINISTERIO DE HACIENDA, MINSAL MINECON, ME, MOP, MINVU, MM y MDS.
Descoordinación en la Gestión de la Calidad del Agua.	MOP (DGA, SISS), MINAGRI, MINSAL, DE MMA, SUBPESCA, y la Dirección General de Territorio Marino
Falta de claridad en repartición de funciones relacionada con la gestión del riesgo hidrológico.	MOP (DGA, DOH)
Superposición de funciones en la gestión de cauces naturales y autorización de obras.	DGA, DOH, MBN, Municipalidades, MMA, ME, Ministerio del Transporte, MINVU, SERNAGEOMIN y Juntas de Vigilancia
Falta de una metodología consensuada de evaluación económica y ambiental entre la DGA y la DOH.	DGA, DOH, MDS
Descoordinación en la evaluación ambiental de los recursos hídricos entre SEA y DGA. **	DGA, SEA
Escasa transferencia de información sobre los titulares vigentes de los derechos de agua para la eficiente gestión de los subsidios al riego por la DGA a la CNR y para la gestión hidroeléctrica entre el Ministerio de Energía y la DGA. ***	DGA, CNR, ME
Escasa coordinación en la Gestión del recurso hídrico a nivel regional entre las oficinas regionales de la DGA y los Gobiernos Regionales (GOREs).	DGA, GOREs
Escasa coordinación Conservadores de Bienes Raíces (CBR) y la DGA	CBR, DGA
Problemas de coordinación para una gestión integrada del agua a nivel de cuenca	Juntas de Vigilancias de ríos o secciones de este.
Falta de coordinación entre diversas iniciativas que se toman a nivel de cuenca	DGA, DOH, SISS, MINAGRI, MINVU, MM, ME, Municipalidades y Organizaciones de Usuarios

Fuente: Elaboración propia en base a OCDE (2011, 2012); Banco Mundial (2013); y Peña et al. (2011)

Notas a la Tabla 5.10-4:

* Este problema de coordinación se asocia a la Macrofunción 2: Formular y dar seguimiento a la implementación de políticas y planes hídricos (Banco Mundial 2013). Esta macrofunción incluye principalmente, entre otros aspectos: la elaboración de planes de gestión del recurso hídrico, planes de infraestructura hidráulica, planes de operación y mantenimiento y planes de riego y; la definición de políticas referentes a la calidad del agua, a la regulación de la contaminación agrícola, al desarrollo de nuevas fuentes de agua, a las estrategias de adaptación al cambio climático, y a la definición de procedimientos y reglas para el empoderamiento de las OUAs. Estas políticas y planes no son vinculantes o normativos.

** En la evaluación ambiental de los recursos hídricos tienen atribuciones el SEA y la DGA, quienes en general se relacionan de manera adecuada cumpliendo las responsabilidades correspondientes a cada uno en los tiempos establecidos (Banco Mundial 2013). Si bien actualmente estos dos organismos se relacionan bastante bien debido a la gestión de las personas responsables en este momento, el cargo dentro del SEA de coordinación con la DGA no está explícitamente definido, lo cual ha generado dificultades de coordinación en ciertos períodos. Por el lado de la DGA, el cargo se encuentra formalizado en el Departamento de Conservación y Protección de los RRHH.

*** En el estudio del Banco Mundial (2013) se evidenció que existía poca capacidad de la DGA para estudiar las solicitudes en relación a DAA y la situación hidrológica de las cuencas, que son realizadas desde el ME. Para abordar esto el ME ha financiado a través de un convenio personal para tratar de agilizar la capacidad de respuesta de la DGA. Este personal se encuentra en el Departamento de Administración de Recursos Hídricos (DARH). Es importante asegurar la continuidad del convenio entre la DGA y el ME, el cual ha permitido agilizar los tiempos de respuesta de la DGA a los requerimientos del ME. Sin embargo, en esta modalidad, existe el riesgo que las decisiones no se tomen con toda la independencia requerida debido a que parte de su financiamiento depende de otra institución.

Por lo tanto, de acuerdo con los parámetros medidos por la OCDE (2011 y 2012), la coordinación de las instituciones relacionadas a la gestión del agua en Chile no se ha logrado debido a brechas de información, de políticas y de objetivos. Este problema de coordinación se asocia a problemas y dificultades en la elaboración e implementación de planes de gestión del recurso hídrico, planes de infraestructura hidráulica, planes de operación y mantenimiento y planes de riego.

b) Problemas de coordinación vertical

La coordinación vertical, o más propiamente el cumplimiento adecuado de roles jerárquicos, o funcionales, en cambio, trata de ordenar las acciones entre distintos niveles de jerarquía o responsabilidades funcionales que no tienen relaciones de igualdad sea por asignación específica de funciones o por ubicación en la escala administrativa (por ejemplo, entre la dirección nacional y regional de la DGA).

Al analizar la situación a nivel territorial, los mecanismos de actuación entre gobierno central, gobierno regional y actores locales son varios. Entre el gobierno central y el gobierno regional la coordinación se realiza por medio de las secretarías regionales

ministeriales (SEREMIS). Adicionalmente a la estructura institucional, la coordinación entre los niveles regionales y centrales se produce también a partir de instrumentos de planeación como son las estrategias de desarrollo regionales y los marcos de planeación existentes que integran las actuaciones de los Gobiernos regionales.

En la actualidad, prácticamente la totalidad de las funciones y atribuciones que le entrega el Código de Aguas de 1981 a la DGA relativas a autorizaciones, se radican a nivel de los Directores Regionales (con algunas excepciones tales como la autorización de obras hidráulicas mayores y la declaración de áreas de restricción en acuíferos), quienes actúan por delegación de funciones del Director General de aguas (resoluciones DGA Nº 336/2007 y DGA Nº 109/2012), manteniéndose en el nivel central la resolución de los recursos de reconsideración, los aspectos normativos y la supervigilancia y dirección general de su labor.

La DGA no siempre cuenta con información sobre recursos hídricos consistente y de largo plazo, debido a la falta de una metodología única, falta de instrumentos y vacíos estadísticos. El problema de coordinación entre la DGA Central y sus oficinas regionales se explica debido a la heterogeneidad entre el personal de la DGA. Gran parte de las oficinas de la DGA carece de suficiente personal técnico que pueda mantener la consistencia en la información generada, además de no contar con los recursos para subsanar esta diferencia (Banco Mundial, 2014, 2011). Producto de lo anterior, el Banco Mundial (2014) señala que existen hoy grandes dificultades para lograr un eficiente flujo de la información entre el nivel nacional y regional. Un ejemplo sobre diferencias de calidad de información entre DGA central y oficinas regionales, es el caso de información sobre evaluación ambiental generada por personal de fiscalización y medio ambiente, donde el personal de algunas regiones envía a la oficina central información con un enfoque distinto al requerido por la oficina central. La información es muchas veces colectada con metodologías distintas, llevando a resultados parciales que no lograran el objetivo final de generar una evaluación ambiental completa. Esta situación lleva a un nuevo análisis de la información por parte de la oficina central para cumplir sus funciones, produciendo ineficiencias en el uso de recursos y en la generación de la información.

La DGA carece de la jerarquía necesaria en el marco de la administración pública chilena para desarrollar una labor efectiva de planificación y su consiguiente implementación, de modo de lograr el alineamiento de las iniciativas públicas regulatorias y de inversión en sus propuestas, y orientar las de carácter privado (entendiendo el carácter indicativo de la planificación en relación con la actividad de los privados) (Banco Mundial 2013). Por lo anterior, se evidencian deficiencias para lograr una planificación basada en un análisis sistemático de las necesidades locales y regionales. Si bien este proceso se ha mejorado en los últimos años, aún carece de mecanismos sólidos para traducir las necesidades regionales en una planeación nacional.

5.10.2 Conclusiones sobre desempeño de la institucionalidad pública nacional

Existen significativos problemas institucionales vinculados a la baja jerarquía y capacidad de la autoridad del agua para coordinar intervenciones de los distintos actores involucrados, al bajo nivel de financiamiento para el ejercicio de las funciones estudiadas, a la generación de información, al cumplimiento de plazos, a la definición de políticas y objetivos sectoriales y, a la falta de coordinación tanto inter-institucional como intra-institucional a nivel central-regional-provincial.

En síntesis, las funciones que cuentan con una mayor problemática institucional para su ejecución son:

- El desarrollo de instrumentos participativos en la GRH.
- La coordinación intersectorial,
- La formulación y seguimiento de políticas hídricas, la fiscalización y
- El control y la operación del sistema de información

El desempeño de las 102 funciones presenta problemas en su ejecución que se originan debido a la falta de una estructura institucional clara que permita su correcto desempeño. De estos problemas el análisis realizado sugiere que los más apremiantes y que limitan de manera más importante el desempeño de las funciones analizadas son:

- Problemas vinculados al financiamiento para el ejercicio de las funciones estudiadas
- Problemas vinculados a la generación de información
- Problemas en la definición de políticas y objetivos sectoriales
- Problemas en la jerarquía y capacidad de la autoridad del agua
- Problemas de coordinación institucional

Como conclusión del estudio en comento, no existe en Chile una gobernabilidad formal que propenda hacia una gestión integrada de cuencas. En efecto, esto ha dificultado que se mantengan en el tiempo los esfuerzos que han desplegado en este sentido las distintas instituciones relacionadas con el agua. Brown (2005) indica que esto se debería a que no se ha logrado transmitir las ventajas que una gestión integrada tendría para la sustentabilidad de largo plazo del recurso. Probablemente el problema sea que la integración se produce en forma natural cuando realmente se siente la necesidad de ella, no antes, y tampoco por imposición institucional, pues el hecho de juntarse agentes con fines opuestos, para tomar decisiones consensuadas, es un proceso desgastador y muy consumidor de tiempo, que sólo se realiza si las partes lo consideran indispensable.

También hay que considerar que gran parte de una GIRH se logra con el hecho, más bien simple, de coordinar y poner en contacto lo que ya debiera estar coordinado, que son las instituciones públicas. La novedad del tema, que es la de adjuntar a esta comunicación y coordinación la visión de los entes privados, puede resultar en una mejor definición de las estrategias propias de cada institución, en la aplicación más eficiente de los subsidios, en definitiva, en una estructura en que "todos ganan", que es justamente el objetivo último de una gobernanza.

5.11 DIAGNÓSTICO DE LA GOBERNANZA A NIVEL REGIONAL Y PROVINCIAL

5.11.1 Institucionalidad pública

Respecto a la institucionalidad pública, si bien el estudio del Banco Mundial "Estudio para el mejoramiento del marco institucional para la gestión del agua" (Banco Mundial, 2013) identifica 43 instituciones en total, es importante reconocer aquellas que tienen mayores funciones y responsabilidades en la gestión de agua (incumbentes), y que están presentes en el nivel regional y provincial. No todas las instituciones tienen representación provincial. A continuación se detalla las instituciones incumbentes del estado, y su representación en el nivel regional y provincial.

No todos los servicios públicos están representados en el nivel provincial. Del MOP, sólo DGA. DOH y Dirección de Vialidad tienen oficinas en Illapel.

La SISS tiene un representante regional, pero no provincial. Con ocasión de la sequía, se destinó un delegado a Illapel, el cual trabaja en la Gobernación de Choapa.

En cuanto a las instituciones del agro, el Ministerio de Agricultura tiene representación en La Serena, mientras que en Illapel se encuentran las oficinas del INIA, INDAP y SAG. La CNR tiene una oficina con un delegado regional en La Serena. No tiene oficinas en la provincia.
Sernageomin no tiene oficinas en Illapel, pero sí en La Serena.

Los servicios públicos en la provincia son convocados por el Gobernador.

En cuanto a coordinación entre ellos, los servicios públicos del MOP se reúnen todas las semanas con el SEREMI, en La Serena, y están en línea directa con las reparticiones provinciales. Tienen comunicación entre ellos por Whatsapp.

El COE tiene un grupo en Whatsapp, por el cual la comunicación es muy fluida. También hay comunicación muy fluida con Sernageomin.

La DGA tiene relación muy estrecha con los demás servicios del MOP, también con las Juntas de Vigilancia, a las cuales acude cuando es invitada. No puede participar per se en las Asambleas Generales de las organizaciones de usuarios. La DGA tiene menos relación con las organizaciones sociales o vecinales.

En cuanto a la DOH y su relación con los usuarios, éstos piden mayor conocimiento y coordinación con lo que hace este servicio, los planes y las obras que desarrolla. En especial, esto se refiere al tema del embalse Canelillo, dado que no beneficiaría mayormente a los actuales usuarios. Ellos quisieran discutir con la DOH los detalles de este embalse, y también el embalse de cabecera, aunque piensan que lo debiera construir la minera MLP.

Respecto de la CNR, los usuarios solicitan mayor apoyo para sus presentaciones a la ley 18450.

A continuación se describen la misión y funciones de cada entidad.

a) Dirección General de Aguas (DGA)

Misión (conforme a sitio web de DGA)
http://www.dga.cl/acercadeladga/Paginas/default.aspx)
Organismo del Estado encargado de promover la gestión y administración del recurso hídrico en un marco de sustentabilidad, interés público y asignación eficiente; y proporcionar y difundir la información generada por su red hidrométrica y la contenida en el Catastro Público de Aguas, con el objeto de contribuir a la competitividad del país y mejorar la calidad de vida de las personas.

Funciones (según sitio web DGA)
http://www.dga.cl/acercadeladga/funciones/Paginas/ default.aspx
- Planificar el desarrollo del recurso hídrico en las fuentes naturales, con el fin de formular recomendaciones para su aprovechamiento.
- Constituir derechos de aprovechamiento de aguas.
- Investigar y medir el recurso hídrico.
- Mantener y operar el servicio hidrométrico nacional, proporcionar y publicar la información correspondiente.
- Propender a la coordinación de los programas de investigación que corresponda a las entidades del sector público, así como de las privadas que realicen esos trabajos con financiamiento parcial del Estado.
- Ejercer la labor de policía y vigilancia de las aguas en los cauces naturales de uso público e impedir que en éstos se construyan, modifiquen o destruyan obras sin la autorización del Servicio o autoridad a quien corresponda aprobar su construcción o autorizar su demolición o modificación.
- Supervigilar el funcionamiento de las Organizaciones de Usuarios, de acuerdo con lo dispuesto en el Código de Aguas.

b) Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)

Misión (conforme a sitio web institucional)
http://www.doh.gov.cl/AcercadelaDireccion/misionyvision/Paginas/default.aspx
Proveer de servicios de Infraestructura Hidráulica que permitan el óptimo aprovechamiento del agua y la protección del territorio y de las personas, mediante un equipo de trabajo competente, con eficiencia en el uso de los recursos y la participación de la ciudadanía en las distintas etapas de los proyectos, para contribuir al desarrollo sustentable del País.

Objetivos (según sitio web institucional)
http://www.doh.gov.cl/AcercadelaDireccion/Objetivos/Paginas/default.aspx
- Proveer de infraestructura de regadío que permita disponer del recurso hídrico, para incorporar nuevas áreas al riego y/o aumentar la seguridad de riego, de las superficies actualmente regadas, incrementando así, el potencial productivo del sector.
- Proveer de infraestructura de red primaria y disposición final, para la evacuación y drenaje de aguas lluvias, a las áreas urbanas, con el fin de disminuir los daños provocados en ellas.
- Proveer de infraestructura para proteger las riberas de cauces naturales, contra crecidas y para contrarrestar los efectos de los procesos aluvionales, en beneficio de la ciudadanía.
- Proveer de infraestructura para el abastecimiento de agua potable a las localidades rurales concentradas y semiconcentradas, con el fin de contribuir al

incremento de la calidad de vida, mediante el mejoramiento de las condiciones sanitarias de este sector.

El mandato de coordinación en este caso emana del DFL Nº 850 de 1997, que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la ley Bº 15.840, de 1964, y del DFL Nº 206 de 1960. En su artículo 22, letra m, señala, entre las atribuciones de los Directores:
m) Celebrar los actos y contratos y adoptar las resoluciones que sean necesarias para el cumplimiento de los fines de su Servicio, de acuerdo con sus atribuciones y delegar éstas en los funcionarios de su dependencia con la aprobación del Director General.

c) Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)

Misión (conforme a sitio web institucional)
http://www.siss.gob.cl/577/w3-article-4290.html
Garantizar a los clientes de los servicios de agua potable y saneamiento de las zonas urbanas del país, que éstos corresponden (en cantidad y calidad) a los ofrecidos, que su precio es justo y sostenible en el largo plazo; y asegurar a la comunidad, que el agua una vez utilizada será tratada para ser devuelta a la naturaleza de forma compatible con un desarrollo sustentable. Esta responsabilidad será cumplida buscando promover la transparencia en el mercado, el autocontrol por parte de las empresas y desarrollando una actuación eficiente.

Objetivos (según sitio web institucional)
http://www.siss.gob.cl/577/w3-article-4290.html
- Lograr que las tarifas de los servicios sanitarios sean las mínimas que aseguren calidad de servicio a los clientes y un retorno adecuado al riesgo del negocio a las concesionarias, a través de calcular tarifas con oportunidad y debidamente sustentadas.
- Velar por una provisión futura eficiente y de calidad de los servicios sanitarios en áreas urbanas, a través de los pronunciamientos sobre los Planes de Desarrollo presentados por las concesionarias sanitarias.
- Velar por el cumplimiento de la calidad de servicio que las concesionarias sanitarias prestan a sus clientes, a través de la provisión de servicios eficaces de fiscalización en cada región y de educar, informar y atender oportunamente a nuestros clientes.
- Velar por el cumplimiento de la normativa ambiental relativa a la descontaminación de las aguas residuales por parte del sector industrial, a través de una fiscalización en armonía con las políticas y normativas medioambientales del país.

Entre las funciones que corresponden al Superintendente, de acuerdo con la ley Nº 19.902 de 1990, artículo 4º letra h), se encuentra la siguiente:
h) Ejecutar los actos y celebrar las convenciones necesarias para el cumplimiento de los fines del Servicio.

d) Comisión Nacional de Riego (CNR)

Misión (Conforme a Ficha de Definiciones Estratégicas Año 2015-2018)
http://www.dipres.gob.cl/597/articles-144458_doc_pdf.pdf)
Asegurar el incremento y mejoramiento de la superficie regada del país, mediante la formulación, implementación y seguimiento de una Política Nacional de Riego que genere estudios, programas, proyectos y fomento al riego y drenaje, que contribuya al

uso eficiente del recurso hídrico en riego, que propenda a mejorar la seguridad del riego y aporte al desarrollo de la agricultura nacional, en un marco inclusivo, participativo, sustentable y equitativo de los/as agricultores/as y de las organizaciones de regantes.

Objetivos (Según Ficha de Definiciones Estratégicas Año 2015-2018)
http://www.dipres.gob.cl/597/articles-144458_doc_pdf.pdf

- Contribuir a la generación de una política de Estado en materia de recursos hídricos para riego, considerando las características propias de suelo, clima y cuencas, a través de planes y programas orientados a la pequeña y mediana agricultura y pueblos originarios, que permitan mejorar y aumentar la superficie regada del país y manejo sustentable.
- Aumentar la superficie de riego, la seguridad y eficiencia del uso del recurso hídrico para riego en el país, mediante la construcción de obras de riego postuladas a la Ley 18.450 que genere eficiencia en el uso del agua, incrementando la participación de la pequeña agricultura y pueblos originarios, según las características de las cuencas de cada región, que permitan mejorar y aumentar la superficie regada del país.
- Fortalecer la gestión de las Organizaciones de Regantes, a través de la capacitación, participación igualitaria, acciones de asistencia técnica y mejoramiento de las capacidades de gestión de sus líderes.
- Promover la implementación y desarrollo en el uso del riego de Energías Renovables No Convencionales que permitan hacer frente a la situación climática actual y futura, contribuyendo a un desarrollo sustentable de la agricultura país, que permitan mejorar y aumentar la superficie regada del país de una manera sustentable.
- Promover la asistencia técnica y capacitación, y seguimiento, en el uso de tecnologías de riego adquiridas por los pequeños y medianos agricultores y pueblos originarios.

Como se ha descrito, cada institución tiene su mandato y, por lo tanto, dentro de una gobernanza integrada, actuaría inserta en sus atribuciones. Si se analizan las funciones de estas instituciones, podrá notarse que ninguna de ellas puede, por sí sola, regir los términos de una gobernanza a nivel de cuenca, sino que puede ser parte importante de ella. La especificidad funcional de cada una de estas instituciones hace que para la GIRH en Chile, ninguna de ellas deba estar ausente; en el caso de la DGA, para la planificación del uso del recurso hídrico, los registros e información necesarios; en el caso de la DOH, los recursos y establecimiento de las obras necesarias; la SISS, para garantizar dentro de la GIRH la calidad del agua potable; y la CNR, para asegurar y potenciar la eficiencia y extensión del riego agrícola.

5.11.2 Coordinación interinstitucional

Es necesario señalar que, de las leyes que rigen cada una de las instituciones individualizadas, emanan claramente mandatos de coordinación, que son los siguientes:

- MOP

El DFL Nº 850 de 1997, que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la ley Bº 15.840, de 1964 y del DFL Nº 206 de 1960 (ley orgánica del Ministerio de Obras Públicas), en sus Artículo 1º y 2º, dice lo siguiente:

Artículo 1º.- El Ministerio de Obras Públicas es la Secretaría de Estado encargada del planeamiento, estudio, proyección, construcción, ampliación,reparación, conservación y explotación de las obras públicas fiscales y el organismo coordinador de los planes de ejecución de las obras que realicen los Servicios que lo constituyen y de las demás entidades a que se refieren los artículos 2º y 3º de esta Ley.

Arrtículo 2º: El Presidente de la República fijará las normas sobre coordinación de la labor del Ministerio de Obras Públicas con los demás Servicios Fiscales, Semifiscales, Corporaciones o Empresas del Estado.

El mismo decreto establece, en su artículo 5º, los siguiente:
Corresponderá al Ministerio de Obras Públicas:
c) Dictar las normas de coordinación de las actividades de los Servicios y las normas técnicas y administrativas generales a que deben sujetarse los trabajos de obras públicas.

En sus artículos 14º y 15º, la ley establece:

Artículo 14º.- Al Director General de Obras Públicas corresponderá:
a) Dirigir, coordinar y fiscalizar la labor de la Dirección General de Obras Públicas, de sus Servicios dependientes y de aquellos que les encomienda la ley.

Artículo 15º.- La Dirección de Planeamiento tendrá las siguientes funciones y atribuciones:
a) Coordinar y proponer para la resolución del Ministro, la planificación, coordinación general y prioridad del plan general de estudios, proyectos y ejecución de las obras, de acuerdo con las necesidades del país, los programas gubernativos y los planes de los distintos servicios y empresas, cuyos objetivos deben conformarse con los Planes Nacionales de Desarrollo, los Planes Regionales y los Planes Reguladores e Intercomunales. Asimismo, le corresponderá estudiar la planificación y coordinación de las obras públicas no previstas en esta ley, que le encomiende el Ejecutivo.

Para la dirección de Vialidad, la ley establece en el artículo 18:

Artículo 18º.- A la Dirección de Vialidad corresponderá la realización del estudio, proyección, construcción, mejoramiento, defensa, reparación, conservación y señalización de los caminos, puentes rurales y sus obras complementarias que se ejecuten con fondos fiscales o con aporte del Estado y que no correspondan a otros Servicios de la Dirección General de Obras Públicas. La conservación y reparación de las obras entregadas en concesión, serán de cargo de los concesionarios. Para dar cumplimiento a las acciones señaladas en el inciso precedente, la Dirección podrá considerar, en coordinación con las demás entidades que corresponda, la plantación, forestación y conservación de especies arbóreas, preferentemente nativas, de manera que no perjudiquen y más bien complementen la conservación, visibilidad y la seguridad vial.

- Código de Aguas

Por otro lado, el Código de Aguas, en sus artículos 299 letra c puntol 3, sobre las atribuciones y funciones de la Dirección General de Aguas, expresa lo siguiente:

3. Propender a la coordinación de los programas de investigación que corresponda a las entidades del sector público y a las privadas que realicen esos trabajos con financiamiento parcial del Estado.

En su artículo 301, sobre el Director General de Aguas, el mismo código expresa lo siguiente:

Artículo 301°- El Director General de Aguas, en representación del Fisco, podrá celebrar actos y contratos en cumplimiento de las funciones que le corresponden a la Dirección General de Aguas, en especial, comprar y vender materiales y bienes muebles; aceptar donaciones y recibir erogaciones para la realización de sus fines; contratar pólizas de seguro contra toda clase de riesgos, endosarlas y cancelarlas; percibir y en general, ejecutar todos los actos y contratos necesarios para el cumplimiento de los objetivos que el presente código encomienda a la Dirección General de Aguas.

- CNR

De la ley orgánica de la CNR, DL 1.172 de 1990, Artículo 3º letras c) hasta h), se desprende claramente la importancia de la labor de coordinación que debe llevar esta institución:

c) Celebrar convenios con particulares o con empresas nacionales o extranjeras sobre estudios o proyectos integrales de riego;
d) Supervigilar, coordinar y complementar la acción de los diversos organismos úblicos y privados que intervienen en la construcción, destinación y explotación de obras de riego;
e) Proporcionar a los organismos que corresponda, los antecedentes para la asignación de los recursos nacionales o internacionales, necesarios para la consecución de sus fines y gestionar su obtención;
f) Representar al Estado en la obtención de créditos externos, de acuerdo con las normas legales vigentes, para los fines del presente decreto ley;
g) Adoptar los acuerdos necesarios para la obtención del objeto que señala el presente decreto ley, e
h) Implementar por intermedio del Secretario Ejecutivo o de los servicios dependientes o que se relacionan con el Supremo Gobierno, a través de los Ministerios de Economía, Fomento y Reconstrucción, de Obras Públicas, de Agricultura y de Planificación y Cooperación, u otro si fuere del caso, las funciones que estime convenientes.

- Municipios

De acuerdo con la LEY Nº 18.695, Orgánica Constitucional de Municipalidades, éstas también tienen una participación mayor en lo relacionado con la coordinación en su territorio, como se desprende especialmente de las siguientes letras del Artículo 4º, relacionadas con el recurso hídrico:

Artículo 4º.- Las municipalidades, en el ámbito de su territorio, podrán desarrollar, directamente o con otros órganos de la Administración del Estado, funciones relacionadas con:

a) La educación y la cultura
b) La salud pública y la protección del medio ambiente

d) La capacitación, la promoción del empleo y el fomento productivo
g) La construcción de viviendas sociales e infraestructuras sanitarias
l) El desarrollo de actividades de interés común en el ámbito local.

También en el Artículo 5º hay atribuciones de coordinación:

Artículo 5º.- Para el cumplimiento de sus funciones las municipalidades tendrán las siguientes atribuciones esenciales:
g) Otorgar subvenciones y aportes para fines específicos a personas jurídicas de carácter público o privado, sin fines de lucro, que colaboren directamente en el cumplimiento de sus funciones.
i) Constituir corporaciones o fundaciones de derecho privado, sin fines de lucro, destinadas a la promoción y difusión del arte y la cultura. La participación municipal en estas corporaciones se regirá por las normas establecidas en el Párrafo 1º del Título VI.

Todo lo anterior viene a mostrar que las instituciones existentes tienen, por mandato, una función coordinadora que cumplir, que abarca no sólo las instituciones públicas, sino que también las privadas.

Una entidad para la GIRH, como una Corporación de Cuenca, haría más específico el cumplimiento de este mandato, para el tema del recurso hídrico.

5.11.3 Gobernanza local desde la necesidad

a) Directorio Regional del Agua

El año 2012, y debido a la persistente sequía a que estuvo sometida la Región, mediante resolución N° 1831 del Gobierno Regional de Coquimbo (Resolución se adjunta en Anexo Capítulo 2.3.2), se crea el Directorio Regional del Agua, el cual se ha transformado en una instancia relevante de participación y diálogo entre los distintos agentes, públicos, privados, desde políticos, productivos y empresariales, hasta académicos, relacionados con los recursos hídricos en la Región.

Su objetivo es "Instalar una institucionalidad Público-Privada Regional que proponga las directrices acordadas con los actores involucrados, para enfrentar la condición de aridez de la Región de Coquimbo", y está conformado por:

- El Intendente, quien es el Presidente
- el Secretario Regional Ministerial de Agricultura,
- el Secretario Regional Ministerial de Obras Públicas,
- el Secretario Regional Ministerial de Minería,
- el Director Regional de Aguas,
- el Representante en la Región de la Comisión Nacional de Riego,
- un Consejero Regional,
- el Rector de la Universidad de La Serena,
- el Presidente de la Junta de Vigilancia del Río Elqui,
- el Presidente de la Junta de Vigilancia del Río Limarí,
- el Presidente de la Junta de Vigilancia del Río Choapa,
- el Presidente de la Junta de Vigilancia del Río Illapel,
- un Representante del CEAZA,
- un Representante del CAZALAC,
- el Presidente de Consejo Regional Minero de Coquimbo, CORMINCO,

- el Presidente del CIDERE,
- el Presidente de la Sociedad Agrícola del Norte (SAN);
- el Presidente de la Cámara Chilena de la Construcción,
- el Gerente general de la Empresa Aguas del Valle,
- un Representante de la Corporación Regional de Desarrollo Productivo.

El Directorio Regional del Agua es presidido por el Intendente de la Región de Coquimbo, teniendo como Secretaría Ejecutiva a la Corporación Regional de Desarrollo Productivo y una plana técnico-ejecutiva denominada Grupo de Gestión.

Cabe señalar que esta institucionalidad no tiene carácter vinculante, y es solo de buena voluntad de los participantes y las instituciones que participan. Sin embargo, la Secretaría Ejecutiva es desarrollada por la Corporación Regional de Desarrollo Productivo, con recursos para financiar esta actividad, lo que ha permitido desarrollar un trabajo permanente del equipo de gestión y con menos periodicidad del Directorio. Para conocer detalles acerca del plan de trabajo, objetivos específicos y estrategias de implementación, ver Anexo Capítulo 5.11.2.

A modo de resumen, a nivel regional, el Directorio Regional de Agua se considera una muy buena instancia que agrupa al sector público, privado y academia y es reconocida como una gobernanza regional del agua.

Como principales atributos positivos/impulsores, se puede señalar que: fue capaz de "sobrevivir" a un cambio de gobierno, ha mantenido un permanente trabajo de su equipo de gestión y tiene un Plan de Estratégico llamado "Estrategia Regional de Recursos Hídricos por cuenca al 2030". También señalar que es de carácter voluntario y aun así, existe un compromiso manifiesto de sus miembros, además cuenta con la Resolución Nº 1831 del Gobierno Regional, que crea al Directorio Regional de Recursos Hídricos.

Por el lado de atributos negativos/que frenan, se puede señalar que: su Directorio dejó de sesionar una vez disminuida la sequía y fue sacada de la agenda del GORE por motivos del Terremoto y Maremoto del 2015. Esta instancia no es vinculante y tampoco cuenta con recursos para mantener una operación más significativa.

b) Delegado Regional

El año 2014 se nombró un Delegado Regional para los Recursos Hídricos, con la finalidad de apoyar el trabajo del Gobierno Regional y de los servicios que operan en la región, con foco en medidas para hacer frente a la sequía.

El delegado se constituyó en el secretario de la Mesa Hídrica o Mesa Provincial de Recursos Hídricos, formada por el Gobernador. El foco principal de la mesa fue tomar medidas para mejorar las condiciones frente a la dura sequía que aqueja a la provincia de Choapa. En la actualidad la mesa provincial del Choapa ya no existe, fue disuelta por el Gobernador, y el Delegado fue reasignado a otras funciones.

c) Mesa Provincial de Recursos Hídricos

Para la cuenca de Choapa, la Mesa Provincial de Recursos Hídricos, actualmente disuelta, se constituyó por Resolución exenta N° 1609, del 26 de Septiembre de 2014. A continuación se detallan sus objetivos y funciones principales:

- Ser una plataforma que permita consolidar las diferentes necesidades de las organizaciones representadas, en materias que competan a ella, tanto para la situación actual de déficit hídrico y sequía, como respecto a propuestas adicionales.
- Permitir a los servicios vinculados a la Mesa, dar a conocer a las organizaciones, de manera permanente, sus funciones, atribuciones y mandatos legales.
- Abordar las visiones de mediano y largo plazo que se tengan en cada área de trabajo que se resuelva abordar.
- Ser una instancia que permita, como cuerpo, hacer las demandas que se consideren pertinentes, a la autoridad correspondiente.
- Generar planes de trabajo conjunto, definiendo participantes, plazos, responsables y presupuesto, cuando corresponda.
- Recibir en audiencia a personas u organizaciones que deseen dar a conocer su opinión frente a temas relacionados al recurso hídrico.

Esta mesa fue presidida por el Gobernador Provincial y contó con un secretario técnico, que debió ser contratado para dicho fin. También podía funcionar con subcomisiones e invitar a sus sesiones a otras autoridades, funcionarios o representantes del sector público y/o privado.

La Mesa Provincial se reunía mensualmente y también de manera extraordinaria, convocada por el Gobernador Provincial y cuando las circunstancias lo justificaran.

La mesa no sesiona desde octubre de 2016, y fue disuelta por el Gobernador. Más aún, su personal (el secretario técnico) ha sido reasignado a la Unidad de Gestión de Catástrofes del Ministerio del Interior. Se le ha asignado otra función, que es la de disminuir la entrega de agua con camiones aljibes, que cuesta aproximadamente 3 millones de pesos mensuales por punto de entrega, principalmente en los APR.

Paralelamente, el encargado de reducir los APR, participa en reuniones con la DGA, DOH, Juntas de Vigilancia y otras instancias como la Mesa del Acuerdo de Salamanca, para el desarrollo de iniciativas con horizonte de mediano y largo plazo.

A modo de resumen, como su principal atributo positivo/impulsor, se puede señalar que representó una instancia de trabajo coordinada entre sector público, privado, gobierno regional y parlamentarios, durante toda la sequía, logrando disminuir sus impactos.

Como principales atributos negativos/que frenan, se puede señalar que: no fue capaz de generar acciones de mediano y largo plazo, tampoco fue capaz de mantener la misma constancia de trabajo en el último año una vez que disminuyó la emergencia. Desde un punto de vista de una GIRH a nivel de la Cuenca del Choapa, es una gobernanza que es percibida por los actores locales como muy "politizada" o dependiente del criterio de la autoridad de turno (Gobernador), y por lo tanto poco apta para generar los acuerdos que requiere una GIRH. De hecho, esta mesa fue disuelta por el Gobernador.

d) Consejo Comunal del Agua

Además existe una instancia que fue muy relevante durante la sequía, llamada "Consejo Comunal del Agua de Salamanca", instancia creada entre la Municipalidad de Salamanca y la Junta de Vigilancia del Río Choapa, el año 2009, con la idea de incorporar a todos los actores claves de la comuna en torno al agua, a las instituciones públicas y privadas.

Sector Público: DGA, DOH, SAG, CNR, Salud Ambiental, INIA, Municipalidad de Salamanca, SEREMI de Obras Pública, SEREMI de Agricultura y CORE; sector Privado: Junta de Vigilancia Río Choapa, Junta de Vigilancia Río Chalinga, Aguas del Valle, APR Comunal, Minera Los Pelambres, Minera Tres Valles, Asociación Minera, un representante de las grandes Empresas Agrícolas de la zona y un representante de las empresas pisqueras.

Este consejo fue capaz de darse un reglamento, con una estructura, objetivos, funciones, facultades y obligaciones, según se puede apreciar en el documento del Anexo Capítulo 5.11, Reglamento consejo comunal del agua.

Los objetivos generales de este consejo fueron:

- Establecer una coordinación efectiva que permita promover el aprovechamiento más eficiente y sustentable de los recursos hídricos.
- Integrar a actores públicos y privados para promover alianzas en áreas o temas prioritarios o estratégicos dentro de la cuenca.
- Fortalecer el proceso de planificación y gestión participativa en materia de gestión de recursos hídricos.

Este Consejo fue fundamental para apoyar la gestión de la sequía, finalizada el 2015, para los distintos sectores productivos, empresa sanitaria y sectores no productivos. Logró la articulación público – privada, para el desarrollo de diversas iniciativas enfocadas a mitigar la sequía, sin perder la visión de largo plazo. También ha sido muy activa en el seguimiento y generación de propuestas, para todas las modificaciones de normativas y leyes que se han y están desarrollando por el Gobierno y Poder Legislativo. Sin embargo, como muchas de las iniciativas que se crean y articulan en plena sequía, dejan de funcionar o desaparecen una vez que llega el agua, este es el caso del "Consejo Comunal del Agua de Salamanca".

A modo de resumen, se puede decir que esta gobernanza estuvo bien estructurada, tenía un reglamento, y tenía una dinámica de trabajo bien desarrollada en la época de sequía. También fue muy activa en el seguimiento y generación de propuestas, para todas las modificaciones de normativas y leyes que se han desarrollado y se están desarrollando por el Gobierno y Poder Legislativo. Actualmente, no está operando.

Como principales atributos positivos/impulsores, se puede señalar que: desarrolló un permanente trabajo con todos los actores locales, como APR, Comunidades, Agricultores, Minera y sector público, para disminuir los impactos de la sequía.

Como principales atributos negativos/que frenan, se puede señalar que: al igual que las otras instancias regional y provincial, han reducido su accionar a partir del año 2015 producto de la mayor disponibilidad hídrica y preocupación por los efectos del terremoto y maremoto.

e) Mesa Acuerdo de Salamanca

El año 2015 surgió un conflicto entre los Pobladores de Valle Alto de Salamanca y Minera Los Pelambres, por el uso del agua. Por más de dos semanas los pobladores cortaron la ruta de acceso a la faena productiva, generando tensos episodios con algunos brotes de violencia. Hubo un importante despliegue de carabineros en la zona, y las autoridades

comunales, provinciales, regionales y los parlamentarios debieron extremar las gestiones de negociación, con la Minera y la Comunidad, para poder llegar a un acuerdo que satisficiera a todas las partes involucradas.

Finalmente, el 11 de Marzo del 2015, se logró la firma de un acuerdo denominado "Acuerdo Salamanca", financiado por la Minera Los Pelambres, que se adjunta en el Anexo Capítulo 5.11. A continuación se detallan los alcances del acuerdo:

1. El Estado de Chile manifiesta la intención de una alianza público-privada con Minera Los Pelambres, para desarrollar el proyecto correspondiente a una planta desalinizadora, cuyos usos del recurso hídrico serán definidos por la comisión de trabajo que reunirá a los actores sociales y productivos de la zona, utilizando el sistema de concesión, y asumiendo MLP el estudio de este diseño.

2. El compromiso de Minera Los Pelambres que ante la eventualidad de una expansión de su proyecto minero, utilizará agua de mar.

3. El compromiso de Minera Los Pelambres, de financiar en el plazo de un año el estudio de ingeniería del embalse de cabecera. Además, la inyección de recursos por parte de MLP en una alianza público-privada para la ejecución del proyecto.

4. Planificación del territorio para el manejo integral de la cuenca del Choapa. Esto a través de una alianza público-privada (prioridad).

5. Asegurar el consumo de agua potable para la población, con un plan de apoyo para los APR de la comuna.

6. Implementar un Fondo Rotatorio, en el marco de una alianza público-privada para financiar obras de revestimientos de canales y construcción de acumuladores intraprediales, en beneficio de los agricultores del valle del Choapa. Administrado por mesa hídrica del Choapa, integrándose a ésta representantes de la mesa de diálogo.

7. La validez de este acuerdo está condicionado a que Minera Los Pelambres pueda retomar inmediatamente el acceso normal y seguro a sus instalaciones.

8. Ratificar el acuerdo con la Junta de Vigilancia que los pozos ABF4, ABF7 y ABF9, administrados por MLP, inyectarán recursos hídricos a la cuenca del río Choapa.

f) Mesa del Agua de Cuncumén

Para enfrentar los problemas específicos de Cuncumén, se han formado cuatro mesas en ese sector:

- La mesa del Agua de Cuncumén, la cual también constituye una gobernanza local de recursos hídricos. Su composición, objetivos y evolución fueron investigadas a través de una entrevista con su secretario ejecutivo. El resultado se presenta en el Anexo Capítulo 6.7.
- La mesa social de Cuncumén

- La mesa productiva de Cuncumén (hoy encargada de la tecnificación del riego)
- La mesa de cierre del Tranque Los Quillayes

En la siguiente Tabla 5.11-1 se presenta una matriz con las ventajas y desventajas de las gobernanzas diagnosticadas.

Tabla 5.11-1 Ventajas y desventajas de las gobernanzas diagnosticadas

Instancia de Gobernanza	**Ventajas**	**Desventajas**
Directorio Regional del Agua	Participación Público Privada con amplia representación	No tiene carácter vinculante, y es solo de buena voluntad de los participantes y las instituciones que participan.
	Estructura participativa, descentralizada	Al superar la sequía dejó de reunirse periódicamente.
	Secretaría Ejecutiva desarrollada por la CRDP cuenta con recursos	Falta de recursos necesarios para cumplir con todas sus funciones.
	Instancia que logra acuerdos como los Lineamientos Estratégicos para enfrentar en el corto y mediano plazo la escasez del recurso hídrico en la región	-
Mesa Provincial de Recursos Hídricos	Participación Público Privada con amplia representación	No tiene carácter vinculante, y es solo de buena voluntad de los participantes y las instituciones que participan.
	Estructura participativa, descentralizada	Falta de recursos necesarios para cumplir con todas sus funciones.
		Al superar la sequía dejó de funcionar, ya no existe.
Organizaciones de Usuarios	Integra a los titulares de derechos de aprovechamiento	Participación Privada, sin representación de otros sectores con amplia representación
	Distribución efectiva del recurso hídrico	Diverso nivel de profesionalización dentro de los equipos técnicos de las diferentes organizaciones
	Gestión local del recurso	Falta de recursos para realizar la gestión.
		Falta de efectiva integración de todos los usuarios en las juntas de vigilancia
Consejo Comunal del Agua de Salamanca	Participación Público Privada	Foco en apoyar la gestión de la reciente sequía
	Plataforma para consolidar diferentes necesidades	Bajó su accionar producto de la mayor disponibilidad hídrica
		Cubre una sola parte de la cuenca
Mesa Acuerdo de Salamanca	Participación Público Privada	Cubre una sola parte de la cuenca
	Instancia que logró reducir los conflictos	Foco en problemas locales, sin mirar la cuenca como un todo
Mesa del Agua de Cuncumén	Activa en el seguimiento y control de las actividades de MLP en relación con el agua de riego	Cubre una sola parte de la cuenca
	Cuenta con la confianza de ambas partes: regantes y MLP	Foco en en problemas locales, sin mirar la cuenca como un todo

Cabe destacar el gran avance de estas distintas gobernanzas, sobre todo en aspectos del conocimiento de las problemáticas locales, la interacción y trabajo coordinado de los distintos actores, especialmente en la época de la prolongada sequía, recientemente superada.

5.11.4 Administración descentralizada – Organizaciones de usuarios

Vergara et al. (2013) señala que una vez constituidos o reconocidos, los derechos de aprovechamiento de aguas ingresan al patrimonio de sus titulares, rigiéndose por las normas jurídicas. En esta fase, en que se produce el ejercicio del derecho, el rol de la autoridad administrativa se reduce fuertemente, manteniendo facultades más bien de supervisión o supervigilancia sobre la actividad de los particulares, cuyo rol es preponderante en este ámbito. En esa línea, la ley encomienda la gestión de los derechos de aprovechamiento, y la administración y distribución de las aguas respectivas, a entidades de conformación privada, denominadas organizaciones de usuarios de aguas, que no forman parte de la administración del Estado, pero que, no obstante, ejercen atribuciones y funciones de carácter público.

A la cabeza de dichas entidades se encuentran las juntas de vigilancia, que son organizaciones de usuarios integradas por otras sub-organizaciones (comunidades de aguas y asociaciones de canalistas), en las que a su vez, se integran todos los titulares de derechos de aprovechamiento, que, de cualquier forma, aprovechan aguas superficiales o subterráneas de una misma cuenca u hoya hidrográfica.

La trascendencia del rol que ocupan las juntas de vigilancia en la administración de las aguas se ve acentuada por las escasas atribuciones directivas u ordenadoras que respecto de ellas tiene la DGA, pues solo ante circunstancias bien delimitadas (situaciones de extraordinaria sequía en que no exista acuerdo entre los usuarios, o bien, de reiteración de faltas o abusos graves en la distribución de las aguas o en la gestión financiera de la organización), puede suspender transitoriamente sus atribuciones o intervenirlas.

El autogobierno está consagrado y legalmente reconocido en las leyes que asignan funciones a las OUAs, distinguiéndolas del rol que compete a los órganos de la Administración del Estado. Ello se evidencia por ejemplo en el Art. 186 del Código de Aguas de 1981 que señala:

"Si dos o más personas tienen derechos de aprovechamiento en las aguas de un mismo canal o embalse, o usan en común la misma obra de captación de aguas subterráneas, 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 canal 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."

Para llevar a cabo un sistema de gestión basado en el autogobierno, se requiere contar con un conjunto de condiciones estructurales y legales mínimas que permitan su implementación y desarrollo. Entre las principales, podemos destacar las siguientes, descritas en la Tabla 5.11-2 adjunta.

Tabla 5.11-2 Condiciones legales para el autogobierno

Clave	Descripción
1° Reconocimiento legal del autogobierno	El autogobierno está consagrado y legalmente reconocido en las leyes que asignan funciones a las OUAs, distinguiéndolas del rol que compete a los órganos de la Administración del Estado.
2° Descentralización ejecutiva	Dado el interés público que revisten, la lógica centralizada impondría que fueran gestionadas por la Administración central. Sin embargo, ello se entregó a los particulares, operando una descentralización. Queda un rol estatal, central: los poderes estatales tradicionales deben mantener sus potestades básicas para regir la vida en sociedad (el legislador debe dictar normas generales; y los tribunales resolver los conflictos generales).
3° Gestión entregada a órganos especializados	Se encomienda el ejercicio de funciones de interés público a organizaciones o entidades de naturaleza prioritariamente privada, dado su conocimiento especializado en el sector. Por ejemplo, el Código de Aguas recoge la figura de las "juntas de vigilancia", encargadas de la función pública de administrar y distribuir las aguas de una cuenca.
4° Reducción del ámbito del poder público	Las organizaciones y entidades de autogestión se caracterizan por una mayor independencia frente al Poder Ejecutivo (específicamente en lo relativo a la toma de decisiones). La Administración no desaparece, sino que mantiene otros roles, siendo el principal un papel de supervigilancia o fiscalización (a través de diversos mecanismos), en cuyo ejercicio se debe respetar la autonomía reconocida a los órganos o entes gestores de cada sector.

Entonces, las OUAs pueden ser definidas como aquellas entidades, sin fines de lucro, con personalidad jurídica, reguladas principalmente por el CA y que tienen por objeto, fundamentalmente:

1. Administrar las fuentes o cauces de aguas, sobre las cuales ejercen competencia y/o las obras a través de las cuales ellas son captadas, conducidas y/o almacenadas

2. Distribuir y, excepcionalmente redistribuir las aguas entre sus miembros

3. Planificar, construir, explotar, conservar y mejorar las obras de captación, acueductos y otras que sean necesarias para su aprovechamiento

4. Recopilar información sobre disponibilidad del recurso hídrico, llevar un registro de los miembros de la OUA, informar a la DGA extracciones de aguas subterráneas, entre otros

5. Fiscalizar cauces y obras, para garantizar una adecuada distribución
   De acuerdo con el artículo 241 del CA, las JV deben:

   - Atender a la captación de las aguas por medio de obras permanentes o transitorias;
   - a la conservación y limpia de los canales y drenajes sometidos a la comunidad;
   - a la construcción y reparación de los dispositivos y acueductos y a todo lo que tienda al goce completo y correcta distribución de los derechos de aguas de los comuneros. El directorio podrá, por sí solo, acordar los trabajos ordinarios en las materias indicadas y, en casos urgentes, los extraordinarios; pero deberá dar cuenta de estos últimos en la próxima junta ordinaria que se celebre

6. Hacer fiscalización, policía y vigilancia del recurso hídrico

   De acuerdo con el mismo artículo 241 del CA, las JV deben velar por que se respeten los derechos de agua en el prorrateo del caudal matriz, impidiendo que se extraigan aguas sin títulos.

   Estas labores, las JV las ejecutan desde hace muchos años, al igual que las demás OUAs de aguas superficiales. Por ejemplo, tienen celadores, ante extracción ilegal de aguas aplican multas y cortan el agua.

   Lo anterior no es contradictorio con la misma función para la DGA. Pero en la filosofía del código, los primeros llamados a fiscalizar son los usuarios.

7. Definir y establecer sanciones por malas prácticas e incumplimiento, y

8. Resolver conflictos entre sus miembros o entre sus miembros y otras OUA.

Por la importancia que tienen las OUAs en la gestión del agua superficial y subterránea, ha habido muchas iniciativas gubernamentales para el fomento de la conformación de estas instituciones, para el empoderamiento de las mismas y para que cumplan sus labores de gestión, control, fiscalización y sanción dentro de la cuenca.

En base a lo anterior, Vergara et al. (2013) señala que surge la idea de "autogobierno", entendida como la facultad concedida o reconocida a una colectividad o territorio para administrarse por sí mismo. En el caso de las organizaciones de usuarios, esta facultad la adquieren, por expreso mandato del Código de Aguas. En este caso, las facultades reconocidas, y plasmadas en las atribuciones del directorio, (art 244, 274, entre otros) son las de distribución de aguas, aplicación de sanciones, establecimiento de sistemas de prorrateo, fiscalización, resolución de conflictos.

En Chile, las organizaciones de usuarios de aguas (OUAs) han existido desde la época colonial. Su importancia en el manejo hídrico del país es notoria, y han aumentado tanto en número como en rigurosidad. Así, actualmente se encuentran registradas en la DGA: 48 juntas de vigilancia, 202 asociaciones de canalistas, 3.236 comunidades de aguas y 15 comunidades de aguas subterráneas. Sin embargo, pese a que se ha incrementado la cantidad de OUAs, se perciben dificultades que impiden la consagración total del autogobierno que les es propio de acuerdo con las funciones asignadas en el Código de Aguas de 1981, modificado el año 2005. Entre tales dificultades pueden mencionarse las siguientes:

1. Limitaciones y trabas legales y administrativas en la determinación del contenido de los estatutos que regulan los aspectos estructurales y funcionales de la organización.

2. Diverso nivel de profesionalización dentro de los equipos técnicos de la organización, desde muy bajo hasta muy alto, y falta de recursos para mantener y mejorar sus redes y obras, lo cual reduce sus posibilidades de responder exitosamente a los requerimientos y exigencias que conlleva su actividad.

3. Existencia de seccionamientos en algunas cuencas, y administración autónoma de cada sección por juntas de vigilancia distintas, lo cual dificulta un manejo integrado de la fuente y puede prestarse para una distribución de las aguas

carente de justicia y equidad en condiciones de escasez (momento en el cual se puede llamar a intervenir a la autoridad).

4. Falta de efectiva integración de todos los usuarios en las juntas de vigilancia, siendo los titulares de derechos de aguas subterráneas y los de carácter no consuntivo (asociados, por regla general, a empresas hidroeléctricas) los ausentes más habituales. Ello dificulta un manejo integrado de la cuenca.

5. Si bien las organizaciones cuentan con la información completa y correcta sobre los derechos de aprovechamiento administrados, dicha información no está respaldada en los CBR ni en el CPA, lo cual se debe, en importante medida, a la numerosa presencia de derechos consuetudinarios y otras titularidades antiguas que ha sido muy difícil regularizar y/o perfeccionar, y a un Catastro Público de Aguas que no ha alcanzado un buen nivel para el registro apropiado.

Por otro lado, Peña (2000) señala que la mayoría de las OUAs operarían sin sede y que sus elementos de comunicación serían precarios (notar que esto se refiere a 16 años atrás, y que la situación ha cambiado sustancialmente en muchas organizaciones, en este lapso). Las debilidades señaladas por los usuarios, el año 2000, fueron:

1. Algunos integrantes dicen no conocer los acuerdos de las directivas
2. Gran parte de las directivas estarían incompletas
3. Los libros de actas y el control presupuestario no se llevan en forma adecuada en todas las organizaciones
4. Permanencia de los dirigentes en las organizaciones, por períodos muy largos, y a la vez muy poca renovación de los mismos (muchas veces por falta de interés de otras personas para tomar cargos ad honorem).

Por lo tanto, se puede decir que el marco regulatorio que rige a las organizaciones de usuarios es adecuado, y que el porcentaje de organizaciones formales es alto. Lo que se requiere es el fortalecimiento de estas organizaciones en lo relacionado con sus capacidades operativas, técnica, jurídica, contable y administrativa, para que ellas asuman sus responsabilidades propias y adquieran otras con vista al manejo integral del recurso hídrico a nivel de cuenca. Por ello, ha habido programas de fortalecimiento de las OUA tanto de parte de la DOH, en general ligados a sus obras, de la CNR y de la DGA.

Del documento de Diagnóstico del Plan Maestro de la Región de Coquimbo (CONIC-BF), se desprende que existen diferentes grados de organización entre las juntas de vigilancia, asociaciones de canalistas, y comunidades de agua, los cuales están supeditados principalmente al número de socios que estas tienen y la cantidad de recursos con los que cuentan. De este modo, la gestión de las aguas por parte de las Juntas de Vigilancia ha mejorado mucho en los últimos años dentro de la región. Hay que decir que todas han crecido en profesionalización, que han aprendido unas de otras, y que para ello se han beneficiado de los fondos a que han podido tener acceso por las circunstancias diversas a las que están expuestas, y que, por regla general en la Región de Coquimbo, gozan de gran prestigio por su seriedad y acuciosidad en la distribución, algunas incluso por su visión pionera y avanzada, en beneficio de todos sus usuarios.

Es importante señalar que en la cuenca del Choapa no existen comunidades de aguas subterráneas, por lo que no hay una gestión formal de este recurso. También es

necesario comentar que en la cuenca del Choapa hay muy pocos derechos subterráneos constituidos, debido a que el acuífero la DGA lo cerró por temor a una afección superficial-subterránea, y no por descenso de sus niveles.

Las organizaciones de usuarios del agua de la cuenca de Choapa y principalmente las Junta de Vigilancia de Choapa, Junta de Vigilancia de Illapel y Junta de Vigilancia de Chalinga, son actores relevantes en la futura Gobernanza, pues ellas administran los derechos de agua de los distintos actores mineros, agricultores, empresarios turísticos, agua para ciudad, entre los principales, y gozan de mucho respeto por parte de sus usuarios.

5.11.5 Otras experiencias de gobernanza a nivel regional

Existen experiencias de gobernanza a nivel regional, todas las cuales se reseñan a continuación.

a) CAC BíoBío

El año 1993, en el marco del desarrollo de los Planes Directores de Cuenca de la DGA, ésta llamó al estudio "Gestión de los recursos hídricos. Corporación de Cuenca del río Bío Bío". Este estudio fue desarrollado por la empresa Coyne y Bellier - Europact, y finalizado en 1995, con fondos del gobierno de Japón, gestionados por el Banco Mundial. Durante la ejecución del estudio, se formó efectivamente la Corporación de Cuenca en el río Bío Bío, la cual, sin embargo, no pudo superar su primera etapa de financiamiento directo completo, y no logró generar su propio financiamiento de la manera en que estaba previsto en el estudio.

La Corporación, tal como se concibe en el estudio, es una entidad con representatividad, capacidad técnica y capacidad financiera. La representatividad incluía a usuarios, entes que usan los cauces para vertidos, entes ribereños, propietarios del suelo que pueden alterarlo generando sedimentos para los cauces, ciudadanos comunes y organismos públicos.

La capacidad técnica se refería a la necesaria para abarcar una gran cantidad de tareas de gran envergadura, ya asignadas a diversas instituciones, desde las cuales se planteaba hacer un traspaso de funciones y atribuciones.

La capacidad financiera: inicialmente la Corporación viviría de un aporte fiscal, pero luego requeriría diversas modificaciones legales para incorporar el principio usuario-contaminador-pagador. Este principio exige que los costos requeridos para desarrollar las acciones pertinentes para evitar, mitigar o prevenir las situaciones no deseadas, recaigan principalmente sobre aquellos que los generaran. En base a este principio, todos los habitantes de la cuenca finalmente tendrían que asumir el costo de esta nueva Corporación, con un pago anual.

Los objetivos que esta institución debía cumplir, eran los siguientes:

- Lograr una adecuada coordinación entre los organismos regionales, municipales y locales y demás entes públicos y privados, con competencia o intereses dentro de la cuenca y cuyas actividades o decisiones tuvieran injerencia directa o indirecta sobre los recursos hídricos. Promover la efectiva participación de la

sociedad civil en la planificación, conservación y desarrollo sustentable de los recursos hídricos y ambientales de la cuenca.
- Proteger y conservar los recursos hídricos de la cuenca, en cantidad y calidad a través de una visión integradora que tomara en cuenta la existencia de las interconexiones entre los componentes de la cuenca.
- Asegurar los niveles necesarios de cantidad y calidad de aguas para satisfacer los usos y requerimientos socioeconómicos de la cuenca, en especial en períodos de sequías.
- Proporcionar a la población una adecuada seguridad frente a los eventos hidrometeorológicos extremos.
- Garantizar el conocimiento y monitoreo de los procesos físicos y biológicos que se desarrollan en la cuenca, que se relacionan con sus recursos naturales.
- Generar los mecanismos de movilización de recursos financieros requeridos para implementar las acciones y medidas en función de la gestión integral de la cuenca.

Esta forma de operar, requería mucho personal, especializado en diversos temas, para el traspaso de funciones desde múltiples entidades relacionadas con los recursos hídricos, hacia la Corporación, y sin una claridad de cuáles serían los servicios nuevos que esta entidad ofrecería. Fue uno de los aspectos que la transformó en una entidad inviable.

El segundo aspecto que la hizo inviable, fue la forma de financiamiento, que requería de modificaciones legales profundas, las cuales no se llevaron a cabo.

Mayores detalles se encuentran en el capítulo 7.6.1.

b) Mesa Hídrica de la Región de Coquimbo

La inviabilidad de esta corporación de cuenca hizo pensar que sería más conveniente comenzar por una estructura más sencilla, compatible con el marco legal vigente, aunque inicialmente no vinculante en lo formal, que generara el hábito de agrupar y poner en contacto a las diferentes entidades públicas, privadas y sociales, que hoy sienten que tienen algo que decir. En la medida que esta instancia se revelara como útil, necesaria o requerida en la cuenca, por las razones o para los fines que fuera, se iría formalizando su estructura de la manera más conveniente para los actores. Un intento concreto fue la Mesa Hídrica de la región de Coquimbo, en 2008.

La creación de la Mesa Regional del Agua, como instancia de coordinación, respondía, desde su mismo origen, a la visión de la DGA, de la necesidad de coordinar a los diversos actores del agua en torno a la realidad de este recurso hídrico en cada cuenca.

Las mesas regionales de agua podrían entenderse como una expresión de la política de manejo integrado de cuencas, tema que, naciendo de la DGA, y estando plasmado en su política de recursos hídricos de 1999, pasó también por la DOH, y luego apareció, aunque sólo marginalmente y enfocado al logro de los objetivos de calidad de los recursos hídricos, en las políticas de la CONAMA.

La DGA a través de esta iniciativa, buscaba una mayor armonización en la planificación y definición de los proyectos relacionados con el desarrollo y explotación de los recursos hídricos en el país, en el ámbito del MOP y también fuera de él, para aprovechar todas

las posibles sinergias. En el desarrollo de planes de acción se debería tender a que estudios básicos, proyectos de prefactibilidad, factibilidad y obras a ejecutar, se plantearan en un escenario coherente entre ellos, y coherentes con las necesidades y posibilidades territoriales, de modo de definir informada y participativamente las líneas de acción para el desarrollo.

Luego de un llamado de licitación, el Centro del Agua para zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe. CAZALAC se adjudicó la iniciativa "Apoyo técnico para la mesa regional del agua en la región de Coquimbo y desarrollo de estrategias regionales del recurso hídrico", que se inició en abril de 2008 por CAZALAC con financiamiento de la DGA, con una duración de nueve meses, con el propósito de brindar apoyo técnico a la DGA, en el marco del trabajo con la Mesa Regional del Agua de Coquimbo, para el desarrollo de aspectos temáticos concretos relacionados con la gestión del agua a nivel local que sirvieran de apoyo y fundamento a su quehacer, y para el desarrollo de la estrategia de recursos hídricos de la Región de Coquimbo.

El trabajo consistió en:

- Una primera fase de actividades orientadas a consensuar un diagnóstico regional sobre la condición en que se encuentran los sistemas de recursos hídricos, en todas sus dimensiones: social, económica, cultural y ambiental.
- Una segunda fase enfocada a identificar una estrategia de acción para la Mesa.
- Una tercera fase en que se desarrolle un Plan de Acción, que comprometa a todos los actores involucrados, a desarrollar las tareas de su incumbencia, dentro de este plan, en forma coordinada y participativa.

El trabajo realizado se apoyó en tres talleres, de los cuales se extrajo el material que conformaría tanto la visión, misión y tareas de la mesa regional de Coquimbo.

Como resultado del trabajo, se obtuvo lo siguiente:

- un listado definitivo y consensuado de participantes de la MRA, el que se presenta en el Anexo VII del Informe Final.
- una proposición de visión de la MRA, así como de su misión, objetivos, características y atribuciones.
- En base a las inquietudes actuales de los participantes, se obtuvo las líneas de acción sobre las cuales interesa trabajar en la Región.
- Para cada línea de acción, los participantes desarrollaron el contenido de trabajo para la MRA, en la forma de tareas que podrían ser revisadas cada vez que se estime conveniente.
- Se contó con una metodología de revisión de tareas y de formulación de planes de acción.

Las 5 líneas de acción dentro de las que se enmarcaron todas las inquietudes recogidas, fueron las siguientes:

- Gestión – Administración – Políticas
- Plataforma conocimiento y difusión (socialización del conocimiento)
- Educación, Capacitación y Difusión sobre disponibilidad y uso responsables del agua, a la comunidad y mesa
- Análisis marco normativo y legal
- Coordinación estudios diversos de interés inmediato

Bajo la dirección del Intendente Regional, Sr. Ricardo Cifuentes Lillo, con fecha 22 de Septiembre del año 2009, en el Salón Prat de la Intendencia Regional de Coquimbo, se realizó la reunión de constitución de la "Mesa Regional del Agua Público-Privada para el Desarrollo Sustentable del Recurso Hídrico en Región de Coquimbo". El Acta de Constitución de la MRA fue firmada por todos los presentes.

Para mayor información, ver el link http://documentos.dga.cl/REH5184.pdf.
El año 2011, con el cambio de gobierno, esta mesa fue suspendida.

c) Mesa Regional del Agua de Tarapacá

La Mesa Regional del Agua de Tarapacá, en adelante Mesa, se constituyó por resolución exenta Nº210 del Gobierno Regional de la Región de Tarapacá, con fecha del 9 de abril del 2015.

Se plantea como una instancia que agrupa a la ciudadanía, las entidades públicas y privadas relacionadas con el recurso hídrico, para mejorar la gestión del recurso hídrico a través del diagnóstico de la situación regional, y la elaboración de propuestas de mediano y largo plazo.

Tiene su origen en el consenso en que "la institucionalidad pública en el ámbito de los recursos hídricos es insuficiente y poco efectiva para cumplir los roles fundamentales de planificación, normativo, de fomento, de diseño de políticas, de regulación y fiscalización, a fin de enfrentar los nuevos desafíos de déficit hídrico que afecta el país", en una región que alberga el desierto más árido del mundo.

Esta Mesa es presidida por el Intendente Regional y se atribuye las funciones que se listan a continuación.

i) Mantener una coordinación permanente entre los actores regionales públicos, privados y académicos que aportan a la gestión y administración del recurso hídrico
ii) Promover la unificación de criterios de desarrollo regional que aporten a la adecuada y correcta gestión del recurso hídrico
ii) Mantener un catastro actualizado de estudios, programas y proyectos que se han realizado a nivel nacional, regional, comunal relacionados con el recurso hídrico, de manera de complementar la información ya existente con nuevas iniciativas
iv) En base al catastro anterior, realizar estudios basados en micro-cuencas y cuencas, que permitan establecer estrategias de manejo del recurso agua, así como desarrollar proyectos específicos en investigación y desarrollo, como en otras áreas del agua, enmarcados dentro del plan regional de gobierno
v) Realizar mesas ciudadanas, seminarios, simposios, cursos y eventos
vi) Reunir y poner a disposición toda la información existente relacionada con el recurso hídrico en la región, convirtiéndose en un referente regional
vii) Establecer un programa del uso eficiente del agua, donde se abordarán temáticas a distintos niveles, contemplándose capacitaciones a consumidores directos y al personal de las instituciones
viii) Fortalecer la capacidad de asociación de pequeños y medianos productores
ix) Promover la innovación tecnológica
x) Desarrollar material educacional
xi) Difundir las políticas de agua y de los datos relevantes sobre la misma

xii) Elaborar planes de operación y contingencia para las situaciones climáticas extremas
xiii) Establecer prioridades de proyectos y estudios necesarios a realizar, considerando los aspectos técnicos, económicos y socioculturales presentes en la región
xiv) Asociarse en forma transitoria o permanente con otras instituciones nacionales, internacionales o extranjeras que persigan fines análogos
xv) Colaborar con instituciones públicas, privadas y municipales, en materias que le sean comunes
xvi) Crear los mecanismos necesarios y suficientes para la articulación; representación; participación; generación de acuerdos vinculantes; coordinación con la inversión nacional y regional de los recursos hídricos; rendición de cuentas, seguimiento y evaluación de resultados e impactos, entre otros.

La Mesa incluye como integrantes permanentes las siguientes instituciones públicas:

- SEREMIs de Agricultura, Obras Públicas, Desarrollo Social, Medio Ambiente, Minería y Salud.
- Gobernaciones provinciales
- Consejo Regional de Tarapacá
- INAP
- SAG
- CONAF
- CORFO
- Coordinación Regional de Recursos Hídricos de Tarapacá
- DGA
- DOH
- SISS
- ONEMI Regional
- SERNAGEOMIN
- CONADI Subdirección Norte
- CNR

Además invita a participar como integrantes permanentes, a los siguientes:

- Asociaciones y agricultores de Camiña, Huara, Pica, Pozo Almonte y Colchane
- Organizaciones de usuarios del agua de Camiña, Huara, Pica, Pozo Almonte y Colchane
- Consejo Asesor Regional (CAR-INDAP)
- Consejo Área de Desarrollo Indígena (ADI)
- Universidad Arturo Prat
- Empresas mineras: Doña Inés de Collahuasi, Minera Cerro Colorado, Minera Teck Quebrada Blanca, Minera Haldemann, SQM, COSAYACH
- Empresa sanitaria Aguas del Altiplano
- Superintendente de Bomberos (presidente regional)
- Centro de investigación CIDERH
- Corporación de Desarrollo de Tarapacá

La fuente de esta información es la página web www.goretarapaca.gov.cl.
De acuerdo con lo expresado por la DGA Regional en marzo de 2018, esta instancia se formó como tarea del delegado regional de aguas, encargado de su funcionamiento. Sin

embargo, esta función desapareció en conjunto con la del Delegado Presidencial para los recursos hídricos, el año 2016, de modo que la mesa no se instaló.

d) Mesa Regional del Agua de la Araucanía

De acuerdo con el artículo del 9 de mayo de 2016, publicado en http://araucania.minagri.gob.cl/2016/05/09/mesa-de-trabajo-comision-regional-del-agua/, se tiene lo siguiente:

"El éxito de las iniciativas para enfrentar el déficit hídrico que afecta a gran parte de la región, requiere de una autoridad coordinadora de las diversas instancias e instituciones que intervienen en la gestión del agua a nivel regional. Para ello, se conformó la Comisión Regional Del Agua de la Araucanía, que tiene un rol relevante para proponer políticas y estrategias de mediano y largo plazo para la gestión del recurso hídrico y para definir lineamientos operativos para ejecutarlas. Participan de esta mesa la Intendencia, junto a los Servicios Públicos como las Gobernaciones, DOH, INDAP, Comisión Nacional de Riego y los Seremis de Agricultura, Medio Ambiente, Salud y Obras Públicas, siendo la Secretaría Ejecutiva de esta instancia la Dirección General de Aguas.

En este contexto, nuevamente las autoridades se hicieron presentes y se reunieron en una mesa de trabajo, encabezada por el Intendente de La Araucanía Andrés Jouannet.

Por su parte, Alberto Hofer, Seremi de Agricultura, señaló que este tipo de encuentro busca una eficaz y pronta atención a las necesidades de acceso al recurso agua potable, saneamiento y riego para las comunidades y para los pequeños agricultores."

En Junio de 2017, apareció la siguiente noticia en el diario digital SurActual:

"Por mandato de la Comisión Regional de Recursos Hídricos, presidida por el Sr. Intendente, se elaboró un documento que propone una Política Regional de Recursos Hídricos que contiene lineamientos estratégicos y prioridades de acción en materia de gestión del agua, con el objetivo de responder adecuada y eficazmente a las demandas y necesidades de la población y de las actividades productivas. La información fue dada a conocer por Vivianne Fernández, Directora Regional de la DGA y Secretaria Ejecutiva de la Comisión en la Región de La Araucanía."
"Para asegurar una amplia participación de la comunidad regional y de los gobiernos comunales en la construcción de la Política, el mencionado documento es puesto a consideración de todos los ciudadanos de La Araucanía, para que puedan conocerlo y además entregar sus aportes y enriquecer su contenido."

"Durante los meses de junio y julio del presente año, se desarrollará este proceso de validación, mediante dos modalidades de consulta:

1. DOCUMENTO EN CONSULTA EN WEB (invitación abierta al público) a través de la páginawww.gorearaucania.cl ingresando al link "Política Regional de Recursos Hídricos.

2. TALLERES PARTICIPATIVOS en tres áreas temáticas: Agua potable y Saneamiento Rural, Calidad de Aguas, Información e Institucionalidad; en los cuales se recogerán las opiniones sobre el Plan de Acción y sus iniciativas de acuerdo a las siguientes fechas: (aparecen fechas de talleres entre el 1 de junio y 7 de julio de 2017). "Vivianne Fernández explicó que, "El Gobierno Regional espera mediante esta consulta crear conciencia en la población respecto de la trascendencia del problema y ampliar la base ciudadana de adhesión y respaldo a la Política de Recursos Hídricos".

"La Directora Regional de Aguas, invita a toda la comunidad regional a participar en la construcción de este instrumento de planificación, que permitirá orientar el futuro desarrollo del vital recurso natural."

Según se puede apreciar, en noviembre de 2017 es una iniciativa que está en proceso, y que busca validar una Política Hídrica formulada por el gobierno 2014-2018.

5.11.6 Conclusiones

- Una GIRH que se plantea desde el inicio innovando en el tema legal para su implementación, muy probablemente no podrá implementarse en el corto plazo.

- Las mesas regionales incluían como integrantes permanentes sólo las instituciones públicas, agregando a otros actores (privados) como invitados, generándose un desbalance entre los actores públicos, privados y de la sociedad civil.

- La CAC del BíoBío, reconociendo esta deficiencia, había propuesto en su gobernanza, una participación equilibrada entre estos actores.

- La CAC BíoBío, sin embargo, no pudo prosperar, pues se concibió a modo europeo, abarcando dentro de su estructura todas las funciones del agua, para lo cual había que modificar las leyes existentes relacionadas, e incorporar una fuerte carga impositiva adicional para financiarla.

- Las iniciativas gubernamentales que facilitan una GIRH, tales como las mesas regionales de agua, dependen de la voluntad e importancia política que les da el gobierno de turno, con lo cual su visión resulta de corto plazo, y su garantía de continuidad es precaria, particularmente en ausencia de políticas de estado de largo plazo.

- Las experiencias que respondieron a un problema particular, como la sequía, dejaron de operar superada ésta. La importancia política del tema hídrico disminuyó a partir de 2016. Esto muestra la visión cortoplacista de este enfoque. Al desaparecer la sequía, desapareció la figura del delegado nacional de recursos hídricos, y con él, los delegados regionales, con lo que, por lo general, las mesas regionales dejaron de tener actividades.

- Toda opción de organizar una GIRH, depende fuertemente de alguna necesidad concreta que perdure en el tiempo, pues requiere inversión de tiempo y esfuerzo de todas las partes. La motivación es la mejora esperada de la gestión de los recursos en el corto, mediano y largo plazo, con beneficios específicos para cada parte, tales como: seguridad de suministro para la población y actividades productivas, conservación de ecosistemas, mejora en la calidad del agua, reducción de conflictos.

- La implementación exitosa de una gobernanza para la GIRH requiere de un financiamiento base mínimo para poder iniciarse, con fuentes claramente identificadas.

- LA GIRH puede iniciarse sin cambios legales, y a bajo costo. En el camino se harán los ajustes legales y presupuestarios, cuando se perfilen nítidamente a partir de la experiencia de la realidad.

5.12 FUENTES DE POTENCIALES CONFLICTOS

En puntos anteriores se ha detallado cuáles son, en términos de derechos de agua y consumo, los actores más relevantes de la cuenca de Choapa. Por cierto, estos actores deben tener la importancia debida en el análisis a desarrollar. Sin embargo, el PGIRH debe incorporar a todos quienes comparten una cuenca, y tienen vinculación, efecto o necesidad por los recursos hídricos. Por esta razón, deben incluirse también los agricultores de secano (sin derechos de agua constituidos) y las necesidades ecosistémicas (humedales, corredores ribereños, áreas de protección), usualmente no consideradas en los balances hídricos y presentaciones que buscan planificar los escenarios de uso del agua. Esa amplia inclusión de actores y sistemas ecológicos es parte fundamental de la definición de la GIRH, en el sentido de maximizar los beneficios económicos y socio-culturales, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales.

Uno de los objetivos para que un PGIRH tenga éxito, es poder conocer claramente cómo y dónde se genera la oferta hídrica, y quiénes son los actores que determinan la demanda. El desarrollo cuantitativo de este objetivo es un desafío necesario para fundamentar el análisis a presentar a los diversos actores, cuando haya que llegar a consensos. Para este tipo de análisis hídricos integrales, tiene aplicación el modelo WEAP.

Existe un hito que cambió las condiciones estructurales de la cuenca, y en particular las del agua, que fue la puesta en marcha de la Minera Los Pelambres, el año 1999. Los Pelambres ocupó el sexto lugar en producción a nivel nacional y es el séptimo productor de cobre a nivel mundial en 2013 (www.pelambres.cl). Las instalaciones del concentraducto de la compañía recorren 120 kilómetros de cordillera a mar pasando por las comunas de Salamanca y Los Vilos, en un entorno donde coexisten más de 40 comunidades y 84 mil habitantes, quienes desarrollan tradicionales actividades económicas como: agricultura, ganadería de subsistencia, pesca y minería artesanal. En la localidad de Los Vilos se encuentra el puerto de embarque en el sector de Punta Chungo,

Sin duda, el hecho de que exista una de las mineras más grandes de Chile y del mundo, en la alta cordillera e inicio de la cuenca, es un factor que ha provocado tensión en la comunidad en torno a la gestión del agua y a los posibles eventos de contaminación que se han producido y se puedan seguir produciendo.

En este sentido cabe destacar un conflicto que se ha desarrollado entre la Minera y la comunidad de Caimanes, con una larga historia de demandas, contrademandas, acciones de compensación a la comunidad, que el presente año ha tenido un acuerdo que se entiende es definitivo. Si bien este conflicto no afecta directamente a la cuenca, es un ejemplo de las tensiones y conflictos de la comunidad con Minera los Pelambres, y de que, cuando ambas partes realmente se lo proponen, es posible encontrar vías de solución.

El año 2015, a raíz del conflicto por el agua surgido entre los Pobladores de Valle Alto de Salamanca y Minera Los Pelambres, se logró la firma del acuerdo denominado "Acuerdo Salamanca", y la formación de la Mesa que lo encarna, con los objetivos descritos en el subcapítulo 5.11.2.

En la actualidad existe una polémica, representada por la Junta de Vigilancia del río Choapa, y la DOH (fuente: talleres y entrevistas), por la construcción del embalse Canelillo que tiene proyectado la DOH. En la parte baja de la cuenca del río Choapa, antes de la confluencia con el río Illapel, se proyecta construir el embalse Canelillo a 183 m.s.n.m, con un área de drenaje de 3,837,7 km2, una capacidad de almacenamiento de 170 MMm3; y como principal afluente el río Choapa. Por su capacidad, este embalse operaría bajo régimen interanual, con una superficie beneficiada de 15.000 ha. Del total de hectáreas beneficiadas, 3.000 ha se encuentran en el Choapa Bajo, las cuales gozarían de un mejoramiento en la seguridad de riego. Las restantes 12.000 ha corresponden a una superficie nueva de desarrollo. El número de predios beneficiados sería de 448 particulares y 7 comunidades agrícolas con 802 comuneros.

A partir de la información disponible, la administración de la obra estaría bajo el estado por intervención de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), ya que los derechos que serán almacenados corresponden a derechos de aprovechamiento eventuales que posee el Estado de Chile por un volumen de 150 MMm3 en el río Choapa.

La Junta de Vigilancia del río Choapa, si bien no se opone a la construcción de este embalse, propone la construcción de un embalse en la cabecera de la cuenca, que permitiría mejorar la seguridad de riego de las áreas en producción del río Choapa Alto y Medio, y aumentaría la capacidad de regulación de la cuenca de Choapa.

La Corporación de Innovación y Ciudadanía, en conjunto con la Corporación de Desarrollo Productivo de Coquimbo realizaron un estudio en 2013 que incluyó un análisis mediante entrevistas a distintos actores de la cuenca del Choapa. Como resultado fueron identificadas cuatro fuentes de conflictos:

- Acceso al agua: Modificaciones de cauce y volúmenes por extracción indiscriminada de áridos, especialmente en Choapa Alto.

- Eficiencia: Ineficiente administración del embalse Corrales, de la cual los usuarios criticaron la restricción de riegos y pocas instancias de participación, mientras que los administradores indican usos innecesarios de agua y poca capacidad de diálogo. La disputa involucró a DOH, la CNR, la JVR Choapa y las asociaciones de Canalistas del canal Pangue e Illapel.

- Calidad: Involucra la contaminación en estero Pupío, por procesos productivos de minera Pelambres (en dicho estudio se consideró el sector de Pupío como parte de la cuenca Choapa), la contaminación de cauces en río Choapa por derrames en sectores Las Cañas, Panguecillo y Chacay (que, en todo caso, como se ha mostrado, han sido ocasionales), y la contaminación en río Chalinga por accidentes de empresas mineras y de Enami (hoy, la JV del río Chalinga reconoce la excelente calidad del agua, y el acuerdo con la empresa minera para la reubicación de las plantas).

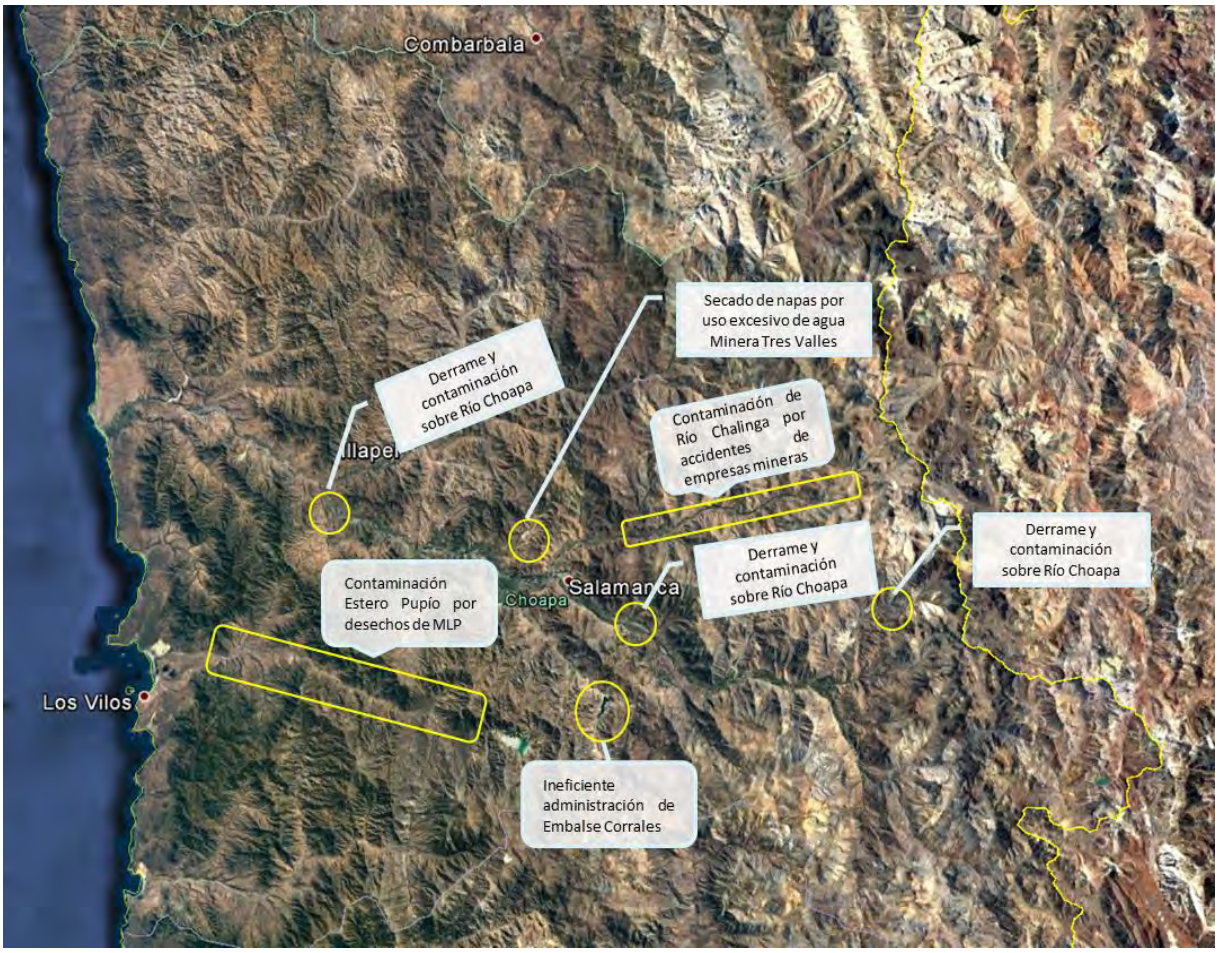
- Disponibilidad: Considera la demanda creciente de agua para actividades agrícolas y mineras; el agotamiento de las napas (que no se refleja en el monitoreo), que causaría un desequilibrio en la cuenca del río Choapa, a raíz del intenso uso de plantas agroindustriales (no se menciona cuáles serían); y el agotamiento de napas (no documentado) por uso intensivo de la Minera Vale (proyecto Tres Valles).

El estudio mencionado contiene un detalle específico de cada foco de conflicto. En base a las entrevistas y trabajo en talleres, se pudo constatar que el término de la sequía ha significado también la mitigación de los conflictos.

Por último, se puede mencionar la modificación del Código de Aguas, actualmente en trámite, que ha generado incertidumbre, en especial entre los agricultores, quienes esperan una evolución favorable a sus posturas en el congreso.

En la siguiente Figura 5.12-1 se presenta la visión de los actores respecto a los problemas identificados en Provincia de Choapa. La Figura se ha confeccionado a partir del informe descriptivo del estudio de Corporación Innovación y Ciudadanía, 2013, Apoyo para un diálogo social inclusivo sobre los recursos hídricos del territorio. Documento de Trabajo. 68 p.

Figura 5.12-1 Ubicación de problemas identificados en estudio anterior



Fuente: Elaboración propia a partir de imagen de Google Earth y el documento: Corporación Innovación y Ciudadanía, 2013, Informe descriptivo.

5.13 PLANES EXISTENTES PARA LA CUENCA DEL CHOAPA

Es necesario tener claridad no sólo acerca de las gobernanzas existentes en la Provincia y Región, sino que también acerca de la gran cantidad de planes de control y gestión de los recursos hídricos, o relacionados con ellos, que las diferentes instituciones han levantado, y cuyo desarrollo debe ser, por lo tanto, observado y seguido por la nueva Corporación de Cuenca que se formará en la cuenca del Choapa.

A continuación, en la Tabla 5.13-1, se listan los planes y programas más importantes que han desarrollado las diferentes instituciones públicas y de gobernanza, vigentes en la cuenca. En el Anexo Capítulo 5.13 se detalla más cada uno de estos planes.

Tabla 5.13-1 Planes y programas relacionados con los recursos hídricos

Número	INSTRUMENTO	FUENTE	DESCRIPCIÓN	VIGENCIA
5.13.1	Estrategia Regional de Recursos Hídricos	CRDP	Estrategia desarrollada por Cazalac para el Directorio del Agua	2014-2030
5.13.2	Estrategia Regional de Desarrollo	GORE	Estrategia basada en 6 lineamientos de desarrollo regional	2009 - 2020
5.13.3	Plan de Gestión de Riego de las cuencas Choapa y Quilimarí, CNR	CNR	Análisis de la condición de las cuencas de la provincia, definiendo potencialidades, carencias y necesidades para la mejor gestión productiva del agua en la zona	2022
5.13.4	Planes de Desarrollo de agua potable empresa Aguas del Valle	SISS	Según ley sanitaria.	2012 – 2017 Ajuste en 2015
5.13.5	Estudio CRDP sobre APR	CRDP	Estudio de 2015 denominado "Investigación Soluciones Innovadoras para el Abastecimiento de Agua"	2015- ?
5.13.6	Estudio APR Municipalidad de Salamanca	Municipalidad Salamanca	Proyecto de cooperación triangular sobre la gestión del agua específica para la comuna de Salamanca	2015 – ?
5.13.7	Optimización de la Cobertura Territorial en la distribución de agua potable en sectores rurales de la Región de Coquimbo – FICR 2013	Universidad de La Serena	Estudio de 2013 que define un conjunto de alternativas tecnológicas y estrategias operativas, que permiten el acceso al agua potable en sectores rurales, en condición de escasez hídrica de la Región de Coquimbo, para sus 15 comunas.	2013 - ?
5.13.8	Planes reguladores urbanos	Municipalidades, DOM	Plan regulador intercomunal propone el desarrollo de las comunas de Choapa, además cada comuna tiene su plan regulador. Salamanca: 1987, con enmienda de 2003. Illapel: 1999 act 2006. Canela: 2014	2016
5.13.9	PRIGRH	MOP	Este plan tiene el objetivo de contribuir al desarrollo sustentable de la región en el mediano plazo, a través	2012 - 2022

Número	INSTRUMENTO	FUENTE	DESCRIPCIÓN	VIGENCIA
			de la gestión del recurso hídrico y mejoras en infraestructura urbana. Propone monitoreo para seguimiento anual.	
5.13.10	Estudio aguas subterráneas	CORFO	Estudio que caracteriza los acuíferos de la cuenca del Choapa, con una completa modelación con Feflow. El estudio vincula la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo con la actividad económica, plantea soluciones, e identifica impactos para los escenarios modelados	2015
5.13.11	Catastros de usuarios	DGA	Registro formal de toda la infraestructura de riego, usuarios, superficies regada. Relevante para GIRH.	1987
5.13.12	Programa "Transferencia para Mejorar la Gestión del Recurso Hídrico en río Chalinga"	CNR	Programa de la CNR destinado al fortalecimiento de las OUA del río Chalinga	2017 - 2019
5.13.13	Programa "Transferencia Tecnológica para Mejorar Gestión de Recurso Hídrico en Choapa Bajo"	CNR	Programa de la CNR destinado al fortalecimiento de las OUA de la subcuenca Choapa Bajo	2017 - 2019
5.13.14	Plan de embalses	DOH	Plan que considera la construcción de 20 obras. En la cuenca del Choapa se encuentra el estudio de factibilidad del embalse Canelillo y en etapa de estudio un pequeño embalse en el río Chalinga	2016 - 2025
5.13.15	Plan de adaptación del sector silvoagropecuario al cambio climático	MMA	21 Medidas y 44 acciones propuestas el 2013 para incorporar o reforzar el sector silvoagropecuario nacional frente al cambio climático	2013. Algunas acciones con plazo al 2014, 2022, 2030, y la mayoría de carácter permanente
5.13.16	Programas de apoyo legal de la CNR en ejecución	CNR	Atención legal para el saneamiento o regularización de derechos de aprovechamiento del agua en las subcuencas de Chalinga y Choapa Bajo	2017 - 2019
5.13.17	Plan Maestro Recursos Hídricos Región de Coquimbo	DGA	Plan del 2013 que incluye un diagnóstico y una propuesta de acciones para mitigar las brechas a corto, mediano y largo plazo	2013
5.13.18	Normativa calidad del aire	MMA	En Choapa se cuenta con una estación oficial de monitoreo de MP10.	Vigente

Número	INSTRUMENTO	FUENTE	DESCRIPCIÓN	VIGENCIA
			Controla en tiempo real la calidad del aire en Cuncumén	
5.13.19	Programas de fiscalización de la DGA, SAG, Seremi Salud, Superintendencia Medio Ambiente, SISS	DGA, SAG, Seremi Salud, SIMA, SISS	Programas oficiales de fiscalización de los distintos servicios públicos	Permanente
5.13.20	Plan de Adaptación al cambio climático en biodiversidad	MMA	50 medidas específicas de conservación de la biodiversidas y su adaptación al cambio climático presentadas el 2014 por el Ministerio de Medio Ambiente. Se identifican instituciones responsables. Sin propuesta de evaluación.	2014. Algunas medidas con plazo al 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, y la mayoría de carácter permanente
5.13.21	Programa de subsidios a caprinos en secano	GORE, CORFO	Programa especial de gestión territorial para zonas rezagadas, en Choapa, para la comuna de Canela (GORE Coquimbo), y Producción caprina en zonas de secano (PTI de CORFO)	Vigente
		SAG	Sistema de incentivos para la sustentabilidad agroambiental de los suelos agropecuarios	2010 - 2022
5.13.22	Contenidos mínimos obligatorios (Educación básica y media)	MINEDUC	Planes y programas de educación básica y media.	Desde 1998. Ajuste 2009.
5.13.23	Sistema de alerta	DGA	Definido en base a tres umbrales: azul, amarillo y rojo. El sistema de alertas requiere de DCP en río Illapel en Las Burras.	Permanente
5.13.24	Modelos de Pronóstico	DGA	No hay estudios de la DGA con pronósticos de cortp plazo para la región de Coquimbo.	No hay
5.13.25	Estudio de impacto económico de sequías hidrológicas	DGA	Estudio de 1997 de la PUC de Chile	No aplica
5.13.26	Estudios sobre tecnologías de cosecha de aguas	GORE, FAO	Diversas experiencias en 2003, 2004, 2011, 2015 y 2016	No aplica
5.13.27	Censos agropecuarios INE	INE	Censos Agropecuarios desde 1976, 1997 y 2007. Información relevante para la GIRH.	2017
5.13.28	Estudios de requerimientos hídricos	INIA	Desarrollo de un Centro de Análisis para la Agricultura de Riego (CAPRA), para mejorar la gestión de los recursos hídricos de la agricultura	2013-2016

Número	INSTRUMENTO	FUENTE	DESCRIPCIÓN	VIGENCIA
			regional. Proyecto de Monitoreo de suelos agrícolas "PROMUS"	
5.13.29	Programa monitoreo MLP	MLP	Programa de Monitoreo ambiental de MLP en 650 controles, para prevenir y reducir eventos de impacto ambiental.	Permanente desde RCA.
5.13.30	Programas Fundación MLP	Fundación MLP	Programas e iniciativas de becas, fortalecimiento de escuelas rurales y centros educacionales. Responsabilidad social empresarial.	Permanente desde 2003
5.13.31	Programas educativos SISS	SISS	Campañas de reducción de consumo hídrico y manual para centros educativos	Última campaña 2017. Manual no especifica año.
5.13.32	Otras iniciativas		FNDR, FIC	FIC permanente desde 2006

6 TRABAJO DE TERRENO

Dentro de los principales desafíos del diseño de la gobernanza estuvo el hecho de lograr una estructura que fuera la encargada de asumir la construcción de este Plan de GIRH, de manera que fuera validado por los actores locales, desde su inicio. Basado en Peña y Solanes (2003), se estimó que la estructura para la gobernanza de la GIRH en la Cuenca del Choapa debía cumplir con las siguientes características:

- Dentro de lo posible, ser compatible con el marco jurídico económico vigente
- Complementaria al modelo actual de gestión de los recursos hídricos
- Representativa mediante participación amplia, de todos los actores relevantes
- Inclusiva de todos los sectores: una alianza público-privada
- Generadora de un marco para la acción de las instituciones públicas

El proceso de diseño y desarrollo del plan estratégico de la estructura de gobernanza para la GIRH comprende la realización de un conjunto de tareas de análisis y adopción de decisiones organizadas, que se estructuraron en base a entrevistas y a talleres, y a la evaluación de la información recogida en ellos.

Se realizaron seis talleres, y tres giras de entrevistas con personeros de la cuenca.

Los talleres tuvieron los objetivos específicos, contenidos y resultados que se describen resumidamente a continuación. El detalle del contenido y desarrollo de los talleres se encuentra en el Anexo Capítulo 6 y Anexos Capítulos 6.1.a.6.6.

La convocatoria se realizó en base al conocimiento de los partícipes que tanto el consultor como la DGA tenían en sus respectivas bases de datos. El listado de invitados, que se fue completando a lo largo de todos los talleres, se presenta en el Anexo Capítulo 6.

El objetivo central de cada uno de los talleres, fue el siguiente:

- levantar los problemas que abordará el Plan, si bien no aún en detalle, al menos como macrotemas
- levantar un mapa de actores que permita, a su vez, comenzar a armar una gobernanza en base a los convocados, asistentes y potenciales partícipes adicionales identificados por los asistentes
- trabajar con los partícipes los escenarios de modelación con el modelo WEAP
- profundizar la composición de la gobernanza, en base a una propuesta del consultor
- profundizar el contenido del Plan, en base a una propuesta del consultor
- presentar los resultados de estatutos y plan, y realizar algunas actividades de cierre y de proyección de la gobernanza hacia el futuro.

El objetivo de las giras de entrevistas fue el de profundizar las opiniones recogidas en los talleres, y especificar y concretar más las inquietudes y problemas sentidos por la gente en la cuenca, de modo de proponer la forma más adecuada de buscar soluciones. Además, se solicitaron las firmas de aceptación por parte de los propuestos socios de la futura corporación.

6.1 TALLER Nº 1

Fecha: 30 de marzo de 2017, 14:30 a 17:30 horas
Lugar: Salón de eventos, subterráneo Municipalidad de Salamanca
Convocatoria: según lista de invitados
Asistentes: 38 personas

Objetivos específicos del taller:

- Informar y capacitar a los asistentes en los conceptos relacionados con la GIRH, que se están aplicando y manejando en el presente estudio
- Recoger de ellos la percepción acerca de los requerimientos en relación con el recurso hídrico, en base al trabajo de la siguiente pregunta:

¿Para qué quiere USTED una GIRH en la cuenca del Choapa?

- Revisar la convocatoria y detectar qué actores incumbentes faltarían en una gobernanza, mediante el trabajo de la siguiente pregunta:

¿Quién debe tomar el compromiso de participar?

Estructura del taller:

a) Presentación del consultor

b) Aplicación de la metodología World Café para trabajar colectivamente la siguiente pregunta:

¿Para qué quiere USTED una GIRH en la cuenca del Choapa?

Las respuestas se resumen en la Tabla 6.1-1 siguiente.

Tabla 6.1-1 Respuestas de los partícipes

1. Gobernanza e Institucionalidad, 25 votos
sana convivencia entre sectores productivo, social, seres vivos (ecosistema)
participación de la comunidad en la gestión
gobernanza y actores relevantes, no sólo los relacionados con el agua
transparencia
institucionalidad
organismo único en la cuenca que coordine uso eficiente del agua, sustentable y sostenible
institucionalidad de peso para la planificación y organización de recursos hídricos
importancia de comunidades de aguas subterráneas
validación de institución
gobernanza con participación mixta
ordenamiento de participación y coordinación de servicios públicos
ente rector
incluir todos los actores
construir confianzas entre empresas-sociedad-estado
espacios de diálogo
interacción entre instituciones

2. Educación, 22 votos
educación 50 años
incluir educación ambiental
educación y comportamiento de uso por parte de los seres humanos
educación y cultura
educación y cultura del agua
3. Planificación, 16 votos
planificación territorial de la cuenca
planificación de uso de acuerdo a eventos críticos
institucionalidad de peso capaz de planificar
planificación del territorio
control de áridos
ordenar la condición hídrica de la cuenca
priorización del uso
priorización del agua
4. Aspecto cuantitativo, 12 votos
importancia de comunidades de aguas subterráneas
conocer la disponibilidad de agua
control
toma de datos
información
saber cuánta agua hay
maximizar uso del agua en cuanto a usos y derechos existentes
dar mejor uso al recurso hídrico
eficiencia
saber de quién es el agua
tecnología para mediciones y control de cantidad
uso eficiente del agua
conocer disponibilidad
mejorar infraestructura
información para toma de decisiones
vinculación agua superficial y subterránea
transparencia en la información
5. Medio Ambiente y Calidad, 12 votos
sustentabilidad
sostenibilidad
calidad de aguas
sustentabilidad ecosistémica de la cuenca
sana convivencia entre sectores productivo, social, seres vivos (ecosistema)
hacer sustentable la cuenca
tecnología para mediciones y control de calidad

c) Aplicación de la metodología de Espacio Abierto, con la siguiente pregunta:

¿Quién debiera tomar el compromiso de participar?

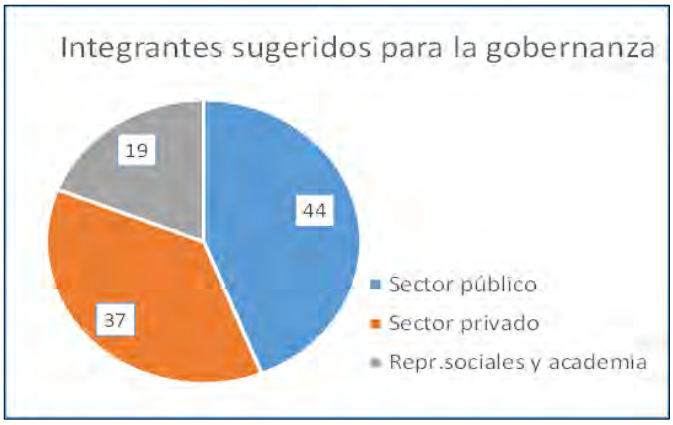
Esta pregunta se complementó con las dos siguientes:

¿Quiénes no deberían ser considerados? Y ¿Por qué?
¿Quiénes faltan?

En el Anexo Capítulo 6.1 se incluye la lista de asistencia, un registro fotográfico del taller y las presentaciones realizadas por el consultor.

Los asistentes propusieron que 68 actores deben tomar el compromiso de participar. De estos, la mayoría corresponde a actores del sector público (46%), seguido por el sector privado tiene una representación del 34%. Los demás sectores (instituciones público-privadas, representantes sociales y académicas y de investigación) representan entre todos, un 19%, como se aprecia en la Figura 6.1-1 adjunta.

Figura 6.1-1 Participación de los diferentes sectores en la gobernanza, taller 1



Cabe señalar que el número de participantes sugeridos es 3,5 veces el número de integrantes del Directorio Regional del Agua. Además, 12 de los actores propuestos forman parte del Directorio Regional del Agua (60% de los integrantes del Directorio Regional del Agua). La composición final fue trabajada con los partícipes en el Taller 4.

6.2 TALLER Nº 2

Fecha: 31 de marzo de 2017, 09:00 a 14:00 horas
Lugar: Salón de eventos, INIA Illapel
Convocatoria: Se realizó la misma convocatoria amplia que para el taller 1. El hecho de que tuvieran que realizarse ambos talleres seguidos, no permitió evaluar la convocatoria e incluir en el segundo taller a los señalados como potenciales partícipes en el taller 1.
Asistentes: 25 personas

Objetivos específicos del taller:

- Informar y capacitar a los asistentes en los conceptos relacionados con la modelación, el diagnóstico de disponibilidad de aguas, calidad de aguas y gobernanzas existentes, que se están aplicando y manejando en el presente estudio
- Recoger de ellos su propio diagnóstico, en base a la siguiente pregunta:

¿Cuál es SU diagnóstico?

- Informar acerca del desarrollo de la página web y darle un nombre:

¿Cómo se llamará nuestra página web?

Estructura del taller:

a) Presentación del diagnóstico realizado por el consultor

b) Aplicación de la metodología World Café para trabajar colectivamente la siguiente pregunta, de modo de validar y completar el diagnóstico presentado por el consultor:

¿Cuál es SU diagnóstico?

Como respuesta a la pregunta trabajada, los participantes señalaron aquellos aspectos que consideraron que había que destacar respecto al diagnóstico presentado, y aquéllos que estimaron necesario agregar. Una vez levantados los temas por parte de los participantes, estos se agruparon como se presenta en la Tabla 6.2-1.

Tabla 6.2-1 Diagnóstico de partícipes Taller 2

1. Falta de transparencia, confianza, acceso a la información, comprensión de la información, 13 votos
roles y funciones según estamentos son una telaraña
cuánto se paga por litro de agua en Chile
que se entreguen datos reales de terreno
conocer en detalle la participación real de los actores en la gobernanza
falta de protección legal respecto del agua
2. Baja participación del sector privado y comunitario, 11 votos
faltan los actores
faltan regantes y APRs
faltan asociaciones de mineros
asistencia versus costo de oportunidad, bajo
dar mayor base comunitaria
falta de participación de la comunidad en la generación de información
falta de participación de la comunidad en la fiscalización de información
3a. Falta visión estratégica consensuada, 10 votos
faltan políticas de estado
falta visión de territorio
falta visión geoestratégica
la planificación territorial es sectorizada
falta proyecto multidimensional
falta cambio de visión
aún no se ha salido de la visión sectorial
3b. Falta institucionalidad para aplicar la visión estratégica GIRH
falta institucionalidad para la GIRH
hay brecha entre institucionalidad y gobernanza
falta definir representatividad (instituciones más importantes)
falta mapa de actores y niveles de participación, según lógica de anillos
falta validación de la comunidad con servicios públicos e instituciones
se debe legislar la creación de la mesa del agua
asistentes actuales son voluntarios
dejar que las mesas hídricas sean voluntarias y por contingencias
objetivo de la mesa de salamanca es disponibilidad o cantidad de agua
objetivo de la GIRH: asegurar el agua para el ser humano

4. Politización de la gestión del agua, 7 votos
tema político tiende a dividir
GRH no tiene color político
dejar de ver la gobernanza y su cabeza con un interés político
el agua es un derecho y transversal a la política
5. Falta de coordinación, 7 votos
falta mayor comunicación entre sectores públicos
falta coordinación
6. Falta de conocimiento e información, 3 votos
Falta integrar estudios de privados al diagnóstico
faltan estudios de agua subterráneas
falta de conocimiento
faltan estudios de sedimentos
falta estudio de acumulación del agua en acuíferos
falta análisis por subcuenca de la GIRH
7 Autocrítica
nos falta discernir: queda lo urgente sobre lo importante, sólo reaccionamos
falta ejecución de acciones
tenemos reunionitis
incapacidad de llegar a acuerdos
falta trabajar en forma real y consciente en el tema
falta mayor compromiso de dirigentes
faltan aplicar normas secundarias

Se observa que el diagnóstico de la consultora es un diagnóstico técnico de la cuenca, mientras que el de los participantes es una percepción formulada a partir de la información de que ellos disponen, la cual no siempre es completa. Se desprende, por lo tanto, como primera necesidad para una GIRH, informar, comunicar de una forma que asegure la comprensión de los distintos partícipes, y de este modo se genere la confianza entre los entes técnicos y los ciudadanos.

El macrotema 4, Politización de la gestión del agua, es un aspecto que se relaciona con el diagnóstico institucional presentado, pero incorpora elementos importantes a considerar.

c) Breve presentación de la página web: objetivos, estructura, plataforma de visualización

d) Aplicación de la metodología de Espacio Abierto para darle un nombre a la página web

Se recogieron sugerencias para el nombre de la página web, que fueron diversas, pero hubo una mayoría que sugirió **GIRHChoapa**, y finalmente se tomó el acuerdo por mayoría, de que éste sería el nombre de la página.

En el Anexo Capítulo 6.2 se incluye la lista de asistencia, un registro fotográfico del taller y las presentaciones realizadas por el consultor.

6.3 TALLER Nº 3

Fecha: 04 de agosto de 2017, 09:00 a 14:00 horas
Lugar: Ilustre Municipalidad de Salamanca
Convocatoria: Según listado de invitados
Asistentes: 47 personas

Objetivos específicos del taller:

- Recalcar los objetivos de la GIRH y del estudio
- Presentar y explicar el modelo de simulación hidrológica WEAP, señalar a los participantes qué pueden esperar de un modelo, y recoger las expectativas de respuestas que tienen sobre él, para armar los escenarios de trabajo
- Informar a los asistentes acerca de la proposición para una gobernanza, en base a una Corporación de derecho privado sin fines de lucro.

Estructura del taller y resultados:

a) Presentación del consultor

b) Recopilación de expectativas y temores sobre el taller y el trabajo en general

c) Presentación del modelo

d) Recolección de expectativas acerca del modelo en cuanto a respuesta que se espera de él, para la configuración de los restantes escenarios

   Como resultado de esta actividad, surgen los escenarios que el consultor propone modelar:

   1. Escenario Futuro Base
   2. Escenario Futuro con Cambio climático moderado
   3. Escenario Futuro con Cambio climático severo
   4. Escenario Embalse Cabecera sobre cambio climático moderado
   5. Escenario Embalse Cabecera sobre cambio climático severo
   6. Escenario 100% revestimiento sobre cambio climático moderado
   7. Escenario 100% tecnificación sobre cambio climático moderado
   8. Escenario sin MLP sobre cambio climático moderado (MLP utilizaría sólo agua de mar)

e) Presentación de la proposición de gobernanza

Se dejan como tarea para el siguiente taller, las preguntas:

¿Está de acuerdo con la propuesta?
¿Qué cambiaría y por qué?

En el Anexo Capítulo 6.3 se incluye la lista de asistencia, un registro fotográfico del taller y las presentaciones realizadas por el consultor.

6.4 TALLER Nº 4

Fecha: 23 de agosto de 2017, 14:00 a 17:30 horas
Lugar: Salón Parroquial El Palomar de Illapel
Convocatoria: Según lista de invitados
Asistentes: 18 personas

Objetivos específicos del taller:

- Revisar la proposición de gobernanza del consultor
- Recoger todas las observaciones, aportes y propuestas de los partícipes frente a esta propuesta.

Estructura del taller y resultados:

Se entregó a los partícipes un documento que resume la propuesta del Consultor, con espacio para agregar propuestas por parte de ellos. Se trabajó en cinco mesas, y se recogió la visión de cada una, para cada uno de los aspectos de la gobernanza.

Los resultados detallados del taller se presentan en el Anexo Capítulo 6.

En el Anexo Capítulo 6.4 se incluye la lista de asistencia, un registro fotográfico del taller y la presentación realizada por el consultor.

6.5 TALLER Nº 5

Fecha: 24 de agosto de 2017, 14:30 a 17:30 horas
Lugar: Ilustre Municipalidad de Salamanca, salón subterráneo
Convocatoria: Lista de invitados
Asistentes: 26 personas

Objetivos específicos del taller:

- Revisar las acciones del Plan de Gestión Integrada de Recursos Hídricos de la cuenca del río Choapa, recogidos en el taller 1 y sistematizada por el consultor.
- Recoger todas las observaciones, aportes y propuestas de los partícipes frente a la propuesta sistematizada.

Estructura del taller y resultados:

Se entregó a los partícipes un documento que resume la propuesta del Consultor, con espacio para agregar propuestas por parte de ellos. Se trabajó en cinco mesas, y se recogió la visión de cada una, para cada uno de los aspectos del Plan.

El resultado detallado del taller fue el que se presenta en la Tabla 6.5-1. Esta presenta las propuestas de los asistentes, recogidas en el Taller 1 y sistematizadas por el consultor, así como el aporte de otros elementos que los asistentes consideraron prioritarios.

Los resultados detallados del taller se presentan en la Tabla 6.5-1 del Anexo Capítulo 6.

Los resultados esperados se priorizaron por eje, no por resultado esperado. No se registró oposición a ninguna de las medidas propuestas. En vista de la modalidad de trabajo en mesas, al plenario se presentaron los puntos consensuados en cada mesa. Presentados en la Plenaria, previo a la organización por ejes, no hubo oposición de otras mesas.

En el Anexo Capítulo 6.5 se incluye la lista de asistencia, un registro fotográfico del taller y la presentación realizada por el consultor.

6.6 TALLER Nº 6

Fecha: 06 de octubre de 2017, 14:00 a 17:30 horas
Lugar: Ilustre Municipalidad de Salamanca, salón subterráneo
Convocatoria: Lista de invitados
Asistentes: 34 personas

Objetivos específicos del taller:

- Presentar los estatutos de la gobernanza y recoger las últimas sugerencias de los partícipes
- Presentar el Plan GIRH y recoger las últimas sugerencias
- Dar un cierre a las actividades colectivas

Estructura del taller:

a) Actividad lúdica para abrir el taller y generar distensión

b) Presentación de la gobernanza

c) Presentación del Plan

d) Actividad de cierre del taller en base a una actividad de indagación apreciativa, que permitió desprender diversas declaraciones provocativas, y culminó con la declaración final de una visión para la gobernanza y el futuro de la CCC y de la GIRH en la cuenca:

> "El Plan GIRH Choapa trasciende los gobiernos, perdura en el tiempo, es sustentable y responsable con las futuras generaciones, construye confianza entre los partícipes, entrega herramientas y productos para continuar en el camino de la GIRH y permite tomar decisiones en base al uso racional del agua para la vida, la producción y el medio ambiente".

En el Anexo Capítulo 6 se encuentra el detalle de las actividades y declaraciones realizadas.

En el Anexo Capítulo 6.6 se incluye la lista de asistencia, la presentación realizada por el consultor, la propuesta de Estatutos y la propuesta del Plan GIRH.

6.7 DESCRIPCIÓN DE LAS ENTREVISTAS

Con el fin de profundizar las opiniones recogidas en los talleres, el consultor realizó campañas de entrevistas, en los meses de mayo, junio, agosto y octubre de 2017.

Las campañas de entrevistas incluyeron a las siguientes personas de las instituciones a las que representan:

- Alex Faúndez, Gerente Técnico Junta de Vigilancia río Illapel y sus afluentes, 16 de mayo de 2017
- Carlos Rubio, encargado de reducir cambiones aljibe para agua potable rural, Ministerio del Interior, 16 de mayo de 2017
- Cristian Vilches, Jefe Provincial DOH y Ananías Castillo, Jefe Provincial DGA, 17 de mayo de 2017
- Lorenzo Olmos, Presidente Canal San Pedro, Dirigente Comunidad Agrícola Tunga Sur, Secretario Junta de Vecinos Tunga Sur, 17 de mayo de 2017
- Wilfredo Olivares, Presidente APR Mincha Norte, presidente Junta de Vecinos, 17 de mayo de 2017
- Wenceslao Layana, Gerente Técnico Junta de Vigilancia río Chalinga, 18 de mayo de 2017
- Luis Lohse, Presidente Junta de Vigilancia río Choapa y sus afluentes, 18 de mayo de 2017
- Jacobo Aguilera, Secretario/Inspector Mesa del Agua de Cuncumén, 18 de mayo de 2017
- Amara Gálvez, Jefe Técnico Gobernación Choapa, Cecilia Cabrera Jorquera, Jefe de Gabinete Gobernación Choapa, 19 de mayo de 2017
- Milena Báez, integrante de la Mesa Acuerdo de Salamanca, 7 de junio de 2017
- Fernando Gallardo, Alcalde de Salamanca, 17 de agosto de 2017
- Eliseo Vergara, ex presidente Unión Comunal de APR Illapel, 17 de agosto de 2017
- Tabita Cepeda, esposa del presidente Asociación Gremial de Camaroneros Río Choapa, 17 de agosto de 2017
- Bernardo Leyton, Alcalde de Canela, 3 de octubre de 2017

Se conversó con la Inspección Fiscal el hecho de no estructurar las entrevistas, para poder recoger en forma libre los aportes en cuanto a inquietudes y proposiciones que cada uno quisiera hacer frente a la iniciativa de la DGA de formar una gobernanza para la GIRH. No obstante ello, y sólo en forma de apoyo, se establecieron algunos temas a tratar, para facilitar la conversación.

Esta metodololgía se llama "entrevista semi-estructurada", y de acuerdo con el Abdul Latif Jameel Poverty Action Lab, tiene las siguientes características:

- El entrevistador lleva una pauta o guía con los temas a cubrir, los términos a usar y el orden de las preguntas.
- Frecuentemente, los términos usados y el orden de los temas cambian en el curso de la entrevista, y surgen nuevas preguntas en función de lo que dice en entrevistado.
- A diferencia de los cuestionarios, se basan en preguntas abiertas, aportando flexibilidad.

Las ventajas de las entrevistas semi-estructuradas son las siguientes:

- Permiten más profundidad y aclarar cualquier malentendido
- Permite ver hasta dónde llega el conocimiento del entrevistado
- Facilitan la cooperación y la empatía
- Permiten evaluar mejor qué piensa realmente el entrevistado
- Pueden producir respuestas no esperadas

La tarea del entrevistador es intentar que los entrevistados hablen libre y abiertamente. Para ello, debe ser capaz de

- Escuchar más de lo que habla: la entrevista no es un espacio para que el entrevistador cuente sus experiencias u opiniones
- Formular sus preguntas de forma directa, clara y no amenazante
- Evita direccionar las respuestas

Los temas que se llevaron de base para la conversación, fueron los siguientes:

- Con quién se relaciona
- Con quién le gustaría o necesitaría relacionarse más
- Qué conflictos tiene y con quién
- Qué espera de una GIRH
- Cuáles problemas mayores espera usted que resolvería una GIRH
- Quién debiera conformar y liderar una gobernanza
- Cuáles serían las tareas de una gobernanza

Como resultado de las entrevistas, se puede decir que no siempre los temas propuestos fueron respondidos, y otras veces se trataron otros temas no contenidos en esta lista, según se podrá apreciar en la lectura de los contenidos.

El contenido detallado de cada una de las entrevistas, se encuentra en el Anexo Capítulo 6.7. A continuación se transcriben las principales conclusiones obtenidas de estas conversaciones.

- Aunque no todos le ven una utilidad inmediata a una GIRH, todos están de acuerdo en que es bueno y provechoso conversar, estar al tanto, y comunicarse con las demás entidades de la cuenca.

- Si bien la conformación de una mesa es vista por todos en forma bastante similar, incluyendo a los principales actores, hay divergencia en cuanto al liderazgo de esta mesa. Intendente, Gobernador, o, en la opinión de varios, una Corporación sin entidad política a la cabeza, son las opciones que han sido propuestas por los entrevistados.

- La mesa debiera ser no politizada, independiente de las autoridades de turno, y entregar servicios modernos útiles para los usuarios, como pronóstico del tiempo, precios en diferentes mercados, formas de hacer fertirriego, etc.

- No todos insisten en la necesidad de una ley para la conformación de la mesa. Los antecedentes muestran que otras mesas, formalizadas sin apego a una ley, han funcionado, y por eso, esta mesa GIRH también podría funcionar, siempre que cubra necesidades reales.

- De hecho, los alcaldes consultados opinan que una Corporación de Derechos Privado es una forma útil, flexible y conocida para ellos, para participar en esta gobernanza.

- También resulta notable la baja conflictividad de la cuenca, salvo el conflicto con la minera MLP. Según se ha podido detectar, hay muchas formas de entendimiento y de diálogo, la gran mayoría de las personas están dispuestas a conversar y transar para resolver o no entrar en conflicto. La conflictividad es fundamentalmente contra MLP, y según explican algunos, tiene por finalidad obtener dinero.

- Es notable cómo cada personero, entidad o institución tiene su propia visión de los problemas, expectativas y proposiciones, muy diversas, pero en general complementarias, y rara vez contradictorias entre ellas.

- Uno de los principales problemas que inquieta a la gente en general, es la inscripción obligada de sus derechos de agua. El proceso de inscripción en gran parte de los casos está plagado de todo tipo de dificultades, que no podrán ser solucionadas en el plazo que la potencial nueva ley de aguas establece, de 18 meses en el caso más estricto, para luego aplicar la caducidad.

- Hay algunos problemas concretos, como las acciones que faltó considerar en la conformación judicial del canal Mincha Norte, las que tienen derecho a ser integradas de acuerdo con el Artículo 197 del CA, y que la JV del Choapa no está dispuesta a reconocer.

- Hay diversos APR llamados artesanales, ejecutados por las Municipalidades, que no tienen derechos de agua. El problema concreto de la falta de derechos de agua de algunas APR, motivó la formación de la Unión Comunal de APR de Illapel. No se ve la forma de regularizar estos derechos, que no sea comprando los l/s necesarios, para lo cual faltan los recursos.

- Hay iniciativas en cuanto a cuidar y gestionar los humedales existentes en el Cuncumén Alto (Piuquenes), y en cuanto a la forestación de quebradas y cabeceras, para lograr una mejor gestión del agua.

- Los agentes contaminantes son los pasivos mineros (ya gestionados en algunos casos como Llamuco en Chalinga), los eventos de MLP y las plantas de tratamiento de las APR que no funcionan muy bien.

- La minera MLP siempre será una fuente de conflicto para los regantes del río Cuncumén. Los servicios públicos no son capaces de realizar una labor

preventiva, ni reactiva, frente a los procesos de contaminación de MLP. Sin embargo, es notable cómo una persona de confianza de ambas partes (minera y regantes), es capaz de llevar adelante muchos controles, incluso dentro del terreno de la minera, entregar información oportuna, y mantener la armonía, en esta situación tan difícil.

- La minera MLP también es fuente de desconfianza e incertidumbre para muchas personas de la cuenca del Choapa, que quisieran entender mejor cómo usa el agua y cómo operan sus derechos.
- La Junta de Vigilancia del río Choapa no está de acuerdo con el embalse Canelillo, aunque tampoco está en contra, pero necesita un embalse de Cabecera en el río Choapa, y opina que lo debe construir MLP.

- Las comunidades del Choapa Bajo no participan del embalse Corrales, pero al menos quisieran participar del embalse Canelillo. Este embalse aparentemente no entrega aguas a la ribera norte del Choapa, y su canal de entrega tiene cota inferior a Tunga Sur y Mincha Sur, los cuales tampoco alcanza a surtir si no es mediante bombeo. Es decir, el embalse estaría concebido sólo para regar las propiedades grandes del Choapa Sur, de Huentelauquén, Chigualoco y Tierra Amarilla.

- La falta de proyección en los sectores de Choapa Bajo genera éxodo.

- Existe la opinión de que la autoridad no escucha suficientemente las necesidades reales de la gente y maneja mal las ayudas en las emergencias.

- El embalse La Palmilla del río Chalinga, la gente lo quiere por la ley 1123 y no por concesión.

- Se necesita mejorar la conducción y tecnificar el riego. Esto es una constante en toda la cuenca.

- Existe la percepción de que existe falta de regulación en todo el valle, y que el uso conjunto superficial-subterráneo podría mitigar esta situación.

- Sería un error hacer una inversión de planta desaladora para APR. Los requerimientos son muy bajos, y en el 50% de los casos se pueden surtir a partir del agua superficial.

- Se debe reglamentar la forma en que la JV pueda aprobar traslados de puntos de captación o cambios de fuente.

7 FORMULACIÓN DE LA GOBERNANZA

7.1 ASPECTOS CONCEPTUALES

La RAE define la gobernanza como "el arte o la manera de gobernar que se propone como objetivo el logro de un desarrollo económico, social e institucional duradero, promoviendo un sano equilibrio entre el Estado, la sociedad civil y el mercado de la economía" Por otro lado, la RAE define gobernabilidad como gobernanza.

En relación con la gobernanza del agua, el término proviene del inglés "governance", y se ha traducido indistintamente como gobernanza o gobernablilidad. Como ejemplo de ello, se cita el estudio "Gobernabilidad del agua en los países de Latino América y El Caribe" (Akhmouch, A., OCDE, 2012), que en inglés se llama "Water governance in Laitin American and the Caribbean (Akhmouch, A., OCDE, 2012).

La GWP ha definido la gobernanza (gobernabilidad) del agua (water governance) como "el conjunto de sistemas políticos, sociales, económicos y administrativos establecidos para desarrollar y gestionar los recursos hídricos y la prestación de servicios de agua en diferentes estratos de la sociedad" (GWP, 2012). Esta definición ha sido adoptada por varias instituciones, tales como el ADB, Banco Mundial, CAF, y el International Water Management Institute (IWMI), entre otras.

Según Cubillos (2002), en el análisis de la Gobernabilidad del Agua en Chile indica que "el concepto de gobernabilidad aplicado a la gestión del agua se refiere a la capacidad social de movilizar energías en forma coherente para el desarrollo sustentable de los recursos hídricos. En dicha definición se incluye la necesidad y capacidad de diseño de políticas públicas que sean socialmente aceptadas, se orienten al desarrollo sustentable del recurso hídrico, y de hacer efectiva su implementación por los diferentes actores involucrados.

De tal concepto o ideas, surge un criterio principal, que se refiere a que debe existir una capacidad de "movilizar energías en forma coherente" y que "las políticas públicas sean socialmente aceptadas". Asimismo, pretenden explicar la necesidad de que existan ciertos consensos básicos respecto de:

- Las funciones de los recursos hídricos en la sociedad, y
- Las políticas públicas que ordenan, regulan o inducen los comportamientos humanos respecto del uso y conservación del agua.

Estas ideas se recogen en el documento "Pauta para considerar el tratamiento del tema Gobernabilidad" (Peña y Solanes, 2003), al señalar el nivel de gobernabilidad de una sociedad en relación con la gestión del agua, se ve determinada, entre otras, por las siguientes consideraciones:

- El grado de acuerdo social (implícito o explícito) respecto de la naturaleza de la relación agua-sociedad.
- La existencia de consensos sobre las bases de las políticas públicas que expresan dicha relación.

- La disponibilidad de sistemas de gestión que posibiliten efectivamente, en un marco de sustentabilidad, la implementación de las políticas.

Ello orienta a concluir que esta movilización de acciones en torno a la gestión del agua debería operar en torno a consensos e intentando resolver los conflictos que se vayan presentando en el proceso.

Piñeiro (2004) se refiere a la participación ciudadana en la gestión del medioambiente rural, donde los recursos hídricos están insertos en el análisis e indica que la gobernanza ambiental se refiere así a los procesos de toma de decisión y de ejercicio de autoridad en los cuales intervienen los gobiernos en sus distintos niveles o instancias de decisión, pero también otras partes interesadas que pertenecen a la sociedad civil y que tienen que ver con la fijación de los marcos regulatorios y el establecimiento de los límites y restricciones al uso de los ecosistemas.

Si bien la gobernanza ambiental se refiere a las decisiones que toman los gobiernos y los actores políticos en conjunto con diversos actores de la sociedad civil, también es preciso reconocer que muchas decisiones se toman solo en el ámbito privado, continúa el autor. Esto ocurre porque con frecuencia los gobiernos concesionan el uso de los recursos ambientales a empresas privadas (la explotación de los bosques, la construcción de caminos, la construcción de represas, la explotación de los recursos del subsuelo, la explotación y el manejo del agua de riego o del agua potable, la explotación de los recursos pesqueros, etc.) dejando en sus manos importantes decisiones que terminan afectando la gestión de los ecosistemas.

Por otro lado, es creciente el involucramiento de instituciones de la sociedad civil en las decisiones ambientales: organizaciones no gubernamentales, sindicatos, asociaciones profesionales, movimientos sociales, Universidades, grupos vecinales, etc., intervienen a distintos niveles tratando de influir en las decisiones ambientales. Cada vez hay más presiones provientes desde la sociedad civil, que influyen sobre las decisiones de las empresas: desde la capacidad individual del consumidor de influir sobre ellas dirigiendo su poder de compra hacia aquellas empresas respetuosas de las normas ambientales, hasta la organización de grupos de accionistas, asociaciones industriales y mercantiles que presionan a sus asociados, para la observancia de códigos de conducta y normas vigentes (WRI,2003).

El documento del WRI (2003), que cita Piñeiro, resalta una serie de principios que se vinculan a buenas prácticas de gobernanza ambiental:

- Un primer principio está basado en la participación. La participación de todos aquellos interesados o afectados por las decisiones ambientales expresando sus opiniones en forma previa a la toma de decisiones, asegura que todos los puntos de vista sean considerados.

- Un segundo principio que hace a la gobernanza ambiental tiene que ver con la capacidad de la sociedad civil para hacer responsables de sus actos a los que toman las decisiones tanto en el ámbito público como en el ámbito privado (accountability).

- El tercer principio es el de subsidiariedad que implica que las decisiones en materia ambiental se tomen en el nivel adecuado a la escala del problema que se está analizando, es decir, al nivel más bajo posible. Con frecuencia las decisiones ambientales se toman en la sede del poder central por funcionarios alejados del nivel local que es donde las decisiones repercutirán. El principio de subsidiariedad es concebido como un principio organizativo que busca que las comunidades más pequeñas estén capacitadas para dirigir sus propios asuntos de manera autónoma y dejar para las grandes unidades aquellas materias que las unidades pequeñas son incapaces de atender. Es decir, reconoce que las decisiones deben ser adoptadas por la entidad (normativa, política o económica) más próxima al objeto del problema. El principio de subsidiariedad orienta los procesos de descentralización y refuerza la gobernanza local.

- Un cuarto principio que resume algunos aspectos que ya se han expresado más arriba es el principio de la accesibilidad estipulado por la Conferencia de Río de 1992. Este se desdobla en tres aspectos: i) acceso a la información ambiental, acerca de las decisiones alternativas disponibles y acerca del proceso decisorio en sí. ii) oportunidad real que la sociedad civil debe tener de participar en instancias de decisión influenciando a quienes realmente tomarán las decisiones. iii) capacidad para oponerse a una decisión y eventualmente para modificar la decisión misma.

Dentro del mismo texto de Piñeiro (2004), finalmente se destaca en el documento del World Research Institute que el quinto y último principio es aquel que integra los aspectos ambientales a todas las decisiones de gobierno. Es decir que siendo los ecosistemas el sostén de la vida y de los sistemas sociales humanos toda decisión de alguna manera o de otra impactará sobre ellos. Por eso las decisiones ambientales no deben ser patrimonio de un organismo específico (como un Ministerio de Medio Ambiente) sino que deben formar parte de las decisiones que se toman en todos los niveles de gobierno.

En consecuencia, y como se señala en los documentos OCDE (2012, 2013) y GWP (la estructura para la gobernanza es un conjunto de sistemas, en que cada componente tiene una función en relación con la coordinación y ejecución de las actividades de gestión del recurso. Esta debe formarse de manera que pueda cubrir desde la formulación del Plan de GIRH, pasando por la aprobación, la ejecución, y también el seguimiento de las acciones del Plan. Entonces, la gobernabilidad del agua se traduce en tener claridad de quién hace qué en los distintos niveles de toma de decisiones, tales como nivel local (cuenca), municipal, provincial, regional, y nacional. Por tanto, la gobernabilidad debe abordar los problemas de coordinación de la formulación e implementación de políticas del agua en múltiples niveles de gobierno así como entre sectores gubernamentales y entre actores privados y públicos.

En el capítulo 5, Diagnóstico, se presentaron dos subcapítulos (5.10 y 5.11), con el diagnóstico de la gobernanza a nivel nacional y local. En base a ellos y a la experiencia de participación realizada en los talleres, se desprende la proposición de gobernanza del presente capítulo.

7.2 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE GOBERNANZA PARA LA GIRH

El desafío del diseño de la gobernanza consiste en lograr una estructura que sea la encargada de acompañar la construcción del Plan de GIRH, de manera de ser validada por los actores locales, desde su inicio. En base a Peña y Solanes (2003), que recoge la experiencia fallida de la Corporación Administradora de Cuenca del BíoBío de 1993 (CAC), y a la solicitud expresa de la Inspección Fiscal de la DGA, para la estructura de gobernanza para la GIRH en la Cuenca del Choapa, se consideraron las siguientes características:

- Compatibilidad con el marco jurídico económico vigente
- Complementariedad al modelo actual de gestión de los recursos hídricos
- Representatividad y participación amplia de todos los actores relevantes
- Una alianza público-privada
- No reemplaza la actuación de los organismos públicos ni privados existentes

La gobernanza se diseñó en base a una labor del consultor, y una labor colectiva con los partícipes.

La labor del consultor incluyó un mapa de actores, el análisis legal de diversas formas de organización en Chile y, una vez determinada la forma legal, la redacción de los estatutos. La labor colectiva fue la de complementar, enriquecer y orientar la acción del consultor, de modo de llegar a una solución consensuada.

7.2.1 Listado de actores

En primer término, se elaboró una lista o catastro, identificando los distintos actores del territorio (Cuenca Choapa) que tuvieran algún grado de vinculación con la GIRH.

Este listado fue desarrollado en base al conocimiento del territorio y los actores por parte de los consultores, también de las propuestas que formularon los asistentes a los primeros talleres desarrollados en Salamanca e Illapel y las conversaciones en entrevistas, sostenidas con algunos actores después de los talleres.

Finalmente se identificaron 68 actores, los cuales se agruparon en seis tipologías:

- Instituciones públicas
- Sector privado
- Instituciones académicas
- Organización o corporación privada sin fines de lucro
- Organización comunitaria
- Organización para la gestión hídrica

Todos los actores identificados se presentan, ordenados por tipología, en la Tabla 7.2-1 adjunta.

Tabla 7.2-1 Listado final de actores cuenca Choapa, por tipo

Tipo de organización	Actor
Institución pública	GORE - DIPLAN
	Gobernación Provincial de Choapa
	Consejo Regional Coquimbo (CORE)
	DGA
	DOH
	SISS
	Comisión Nacional de Riego (CNR)
	INDAP Choapa
	CORFO
	ENAMI
	SAG Choapa
	ONEMI
	SERCOTEC
	Municipalidad de Canela
	Municipalidad de Illapel
	Municipalidad de Salamanca
	Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)
	Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático
	SEREMI Agricultura
	Ministerio de Salud
	SEREMI Educación
	Dirección Provincial de Educación
	SEREMI Energía
	Ministerio de Medio Ambiente
	SEREMI Minería
	SEREMI MOP
	SERNATUR
Sector privado	Aguas del Valle
	Minera Los Pelambres
	Antofagasta Minerals
	Minera Tres Valles
	Agrícola Mercedario
	Agrícola CGD
	Sociedad de Parceleros del Choapa
	Sociedad agrícola y ganadera estero Camisas
	Sociedad agrícola ganadera campesina
	Sociedad de capricultores Choapa Andino
	Sociedad ganadera de Illapel
	Asociación ganado mayor estero Camisas
	Asociación crianceros ganado mayor Alto Choapa

Tipo de organización	Actor
Institución académica	CAZALAC - Centro del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe
	CEAZA - Centro de Estudios Avanzado en Zonas Áridas
	Universidad Católica del Norte
	Universidad de La Serena, PROMMRA
Organización o corporación privada sin fines de lucro	Corporación Regional de Desarrollo Productivo (CRDP)
	Cámara de Comercio Región de Coquimbo
	Cámaras de Comercio comunas de Illapel, Salamanca, Canela y Los Vilos
	Corporación Industrial para el Desarrollo Regional
	Comités de APR Agua Potable Rural provincia Choapa
	INIA Choapa
	CONAF
	Consejo Regional Minero de Coquimbo (CORMINCO)
	Sociedad Agrícola del Norte (SAN)
	Asociación Gremial de Camaroneros de Choapa
	Sindicato de Camaroneros de Illapel
Organización comunitaria	Fundación MLP
	Asociación Comunidades Agrícolas del Choapa
	Unión Comunal APR Illapel
	Comunidad Diaguita Taucán
	Comunidad Sol Naciente
	ANAMURI
Organización para la gestión hídrica	Mesa Acuerdo Salamanca
	Mesa del Agua Cuncumén
	Directorio Regional del Agua
	Mesa Provincial del Agua
	Junta de Vigilancia del Rio Chalinga y sus afluentes
	Junta de Vigilancia del Río Illapel y sus afluentes
	Junta de Vigilancia Río Choapa

7.2.2 Caracterización de actores mediante matriz poder/interés

En segundo término, se caracterizaron los actores, para determinar cuáles son los actores clave para el PGIRH que se desarrollará. Se determinaron sus intereses y la posición que ocupan en relación a la GIRH.

A continuación, se especifican las características que se describen:

- Rol principal: misión/objetivo del actor, para poder identificar su vinculación con la GIRH.

- Niveles de Interés: actitud frente al proyecto que se está desarrollando, es decir en relación a la GIRH. Las categorías son: Alto (valora y desea generar relaciones

de confianza y colaboración mutua), Medio (desea lo mismo pero no cree que sea posible), Bajo (no valora el proyecto, no confía en sus resultados).

- Niveles de Poder: grado de influencia que tiene cada actor en torno a la toma de decisiones en el territorio. El nivel de poder / influencia suele estar relacionado con la capacidad de pago o de financiamiento de la institución, y también con la capacidad de decisión que ha mostrado en la cuenca, sin que exista un mecanismo de armonización de todas las partes, como una mesa para la GIRH. Las categorías son: Alto (alta capacidad de decisión e influencia sobre los demás), Medio (mediana capacidad de decisión e influencia sobre los demás), Bajo (baja capacidad de decisión e influencia sobre los demás).

La clasificación que se presenta, tanto de los niveles de Interés como de Poder, responde a la experiencia y conocimiento del consultor en la región, además de una decantación de toda la información recabada a lo largo del estudio. Considera la información recogida en los talleres de Salamanca e Illapel, la forma y contenido con que los partícipes se han manifestado y han participado en los talleres, y en las entrevistas y conversaciones personales.

En la Tabla 1 del Anexo Capítulo 7.2.2 se presenta la matriz con la descripción de los actores de la cuenca del Choapa, donde se indica también el nivel de interés en el tema hídrico, y el nivel de poder.

Finalmente, se realiza un análisis mediante la matriz de relación Poder/Interés, que se desarrolla basándose en la caracterización de los actores del punto anterior. Se procedió a generar la matriz que permite conocer la relación de estos actores en cuanto a Poder/Interés, matriz de gran utilidad para tener un panorama del territorio en cuanto a sus actores relevantes, de manera de poder focalizar los esfuerzos para fomentar la participación y éxito del plan a desarrollar.

Se entiende Poder, como el grado en que los actores son capaces de persuadir o inducir a otros para seguir ciertas líneas de conducta. El poder se basa fundamentalmente en la capacidad de pago, de financiamiento y de decisión.

Se entiende Interés, como el nivel de involucramiento de cada actor en el tema de la GIRH. En la Tabla 7.2-2, a continuación, se presenta la matriz resultante.

A partir de lo descrito, se puede realizar una identificación fundada en las características de los actores, y detectar los actores relevantes. En el caso de la cuenca de Choapa para este proyecto, se debe poner especial atención a los cuadrantes:

- Nivel de Interés Alto − Nivel de Poder Alto

  Este conjunto de actores es el más comprometido, y por lo tanto es el grupo del cual deben salir los "socios" que lideren el Plan GIRH. Se puede apreciar que figuran ocho instituciones públicas, cinco instituciones privadas y dos organizaciones sociales, que debieran tener algún protagonismo en la Gobernanza.

- Nivel de Interés Medio − Nivel de Poder Alto

  Este conjunto de actores debe ser motivado para que se sume como aliado y colabore en el correcto desempeño del proyecto. Se puede apreciar que en este cuadrante existen dos Municipalidades.

- Nivel de Interés Alto − Nivel de Poder medio

  Este conjunto de actores no requiere ser motivado, sin embargo debe empoderarse más para sumarse como aliado y colaborar en el soporte de la Gobernanza. Se puede apreciar que en este cuadrante se encuentran instituciones de todo tipo.

- Nivel de Interés Medio − Nivel de Poder Bajo

  Para estos actores, es necesario siempre tenerlos informados, e involucrarlas en relación funciones técnicas, como educación y capacitación, sobre todo en lo que se refiere a instituciones académicas el CEAZA.

- Nivel de Interés Bajo − Nivel de Poder Bajo

  Son los actores que fueron mencionadas por terceros como que deben estar incolucradas en el tema de la GIRH, pero no mostraron ningún interés por participar o informarse, y ninguna presencia. Es posible que con el tiempo, y con la puesta en marcha de esta iniciativa, ellos lleguen a sumarse, o al menos a interesarse, pero hasta el momento no ven un beneficio directo, ni, probablemente, la posibilidad de hacer un aporte.

Tabla 7.2-2 Matriz de relación Poder/Interés de actores cuenca de Choapa

NIVEL DE INTERÉS	**Alto**	CORMINCO UCN AG Camaroneros	SEREMI MA SISS CAZALAC ULS Aguas del Valle Agrícola Mercedario Directorio Reg del Agua Comités APR	DGA DOH CNR GORE-DIPLAN CORE JV Choapa JV Illapel MLP Gob. Provincial Choapa SEREMI Agri SEREMI MOP CRDP Fundación MLP Mesa Ac Salamanca Unión Comunal APR Illapel APR del Choapa
	Medio	CONAF INDAP SAG CEAZA Agencia SUST y CC Direcc Prov. Educ. Cámaras Comercio Prov.	JV Chalinga SEREMI Educ Asoc Com Agrícolas Agrícola CGD Mesa Agua Cuncumén Minera Tres Valles Asoc y Soc Agr y Ganaderas (7)	Muni Illapel Muni Salamanca AMSA
	Bajo	SAN ENAMI INIA ONEMI SERCOTEC SEREMI Salud SEREMI Energía SS del MA SERNATUR Cámara de Comercio Sindicato Camaroneros Illapel Comunidad Diaguita Taucán Comunidad Sol Naciente ANAMURI Asoc Campo Secano CIDR	CORFO Muni Canela SEREMI Minería	
		Bajo	**Medio**	**Alto**
		NIVEL DE PODER		

7.2.3 Elaboración del mapa de actores con aporte colectivo

Esta parte del estudio describe las acciones que se tomaron para identificar la relación y posibilidades de interacción que existen entre los diferentes actores, que permitan definir cursos de acción para el cumplimiento de las funciones requeridas.

A partir de los primeros talleres realizados, reuniones en el territorio y conocimiento de los consultores de la realidad local, se hizo una primera relación de actores en forma de un mapa de actores clave (MAC), determinando la estructura sistémica de las relaciones de interacción entre las personas, tareas y administración para el logro del propósito.

Esta propuesta se complementó posteriormente, en base al trabajo de talleres y entrevistas personales con algunos actores clave, las cuales permitieron validar la propuesta inicial y levantar nuevos actores y/o relaciones.

La metodología empleada MAC, de mapeo de actores clave (IAI, 2008), se presenta en el Anexo Capítulo 7.2.3.

La Figura 7.2-1 muestra el mapa de relaciones entre los actores clave. Para esta representación, se han mantenido los ejes de la matriz de actores de la Tabla 7.2-2, y se muestran los actores según la simbología de la Tabla 7.2-3 adjunta, donde se han agregado las relaciones entre ellas, de acuerdo con dos categorías: confianza / cooperación y desconfianza / tensión.

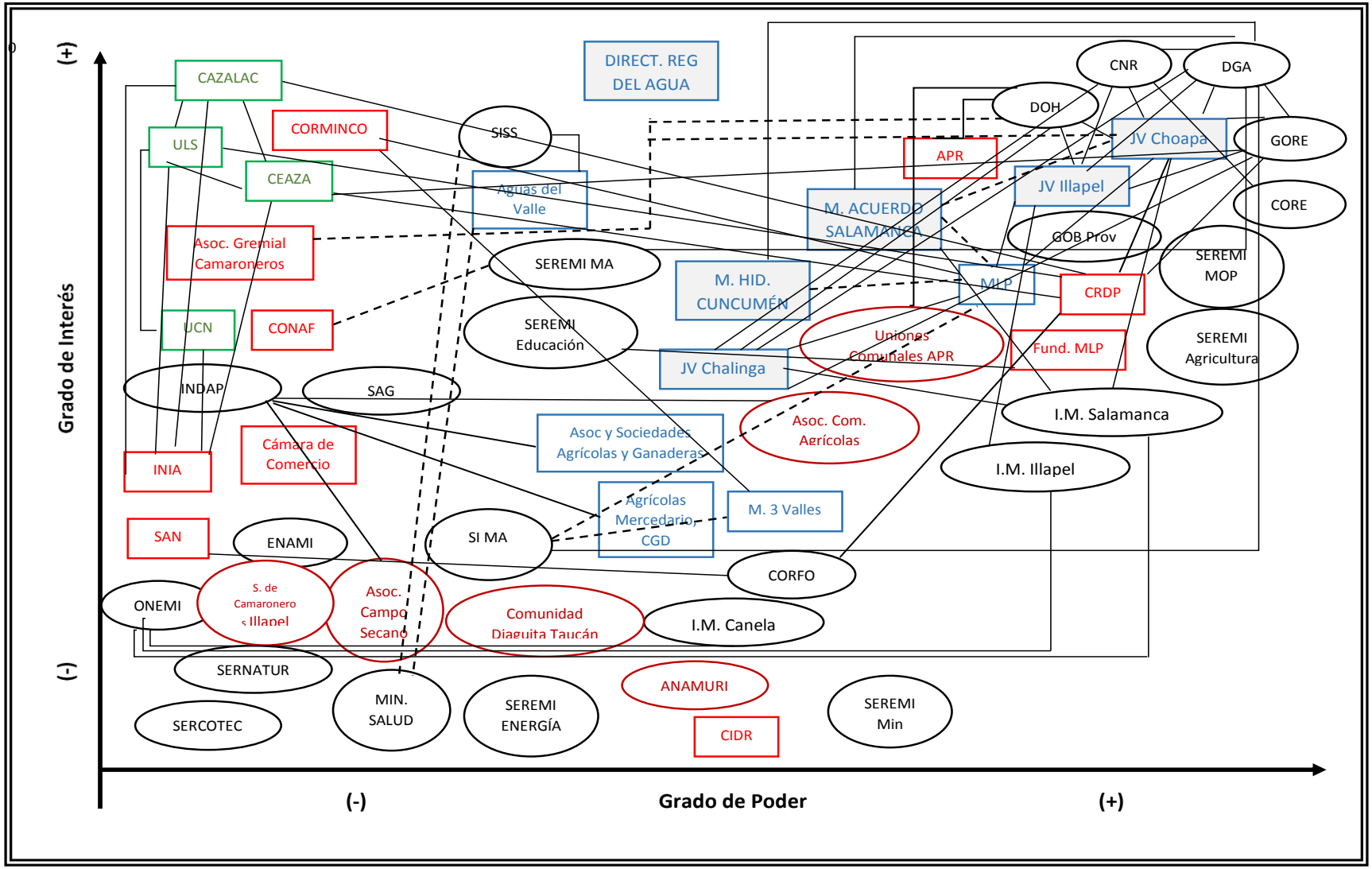
Tal como se recogió en el primer taller, los esfuerzos de una gobernanza deben estar enfocados fundamentalmente en difundir información sobre la cuenca, en alimentar y reforzar las relaciones menos fluidas, en especial con las organizaciones comunitarias, de modo de rebajar el nivel de desconfianza, y en aumentar el nivel de comunicación con las instituciones de mayor poder, para que las decisiones se tomen con mayor planificación, coordinación y comunicación entre todos los actores. El objetivo es la seguridad hídrica y la paz social.

Tabla 7.2-3 Simbología mapa de actores

Figura	Descripción
	Institución pública
	Institución privada
	Institución académica
	Organización privada sin fines de lucro
	Organización comunitaria
	Organización para la gestión hídrica

Línea	Relación
———	Confianza o cooperación
– – – – -	Desconfianza o tensión

Figura 7.2-1 Mapa de relaciones entre actores clave



7.3 PROPOSICIÓN DE LA GOBERNANZA

La proposición de una gobernanza es uno de los grandes objetivos del presente trabajo. Es necesario considerar que tanto en la cuenca del Choapa, como en la Región de Coquimbo, han operado diferentes gobernanzas, todas muy ligadas a los problemas de la sequía, y todas las cuales tuvieron bastante éxito en cuanto a sus objetivos de lograr comunicar, coordinar y consensuar las acciones de la autoridad y de los particulares requirentes, logrando mantener la paz social. Hubo una buena participación, muy dinámica. Se realizaron muchas asambleas, todas ellas muy concurridas, se llegó a acuerdos en cuanto a medidas a implementar y a estudios que fueron necesarios de ejecutar. Por lo tanto, mientras duró la sequía, se puede afirmar que la participación y desempeño de estas instancias fue exitosa.

En ese sentido, y con el objetivo de no crear entidades nuevas donde ello no fuera estrictamente necesario, inicialmente se pensó que sería conveniente basar la gobernanza para la GIRH en uno de los siguientes órganos ya existentes:

1. Directorio Regional del Agua o
2. Mesa Provincial del Agua del Choapa (órgano consultivo),
   y sólo crear una nueva entidad, el
3. Comité Técnico de la Cuenca del Choapa (órgano técnico por configurar)

El Directorio Regional del Agua, presidido por el Intendente, sería el organismo mayor, que desarrollaría la Estrategia Regional de Recursos Hídricos. La Estrategia Regional de Recursos Hídricos al 2030, establece que el Directorio Regional del Agua defina las iniciativas o proyectos que deberán ser financiados. El Gobierno Regional revisaría la congruencia de los proyectos con las Estrategias de Desarrollo y de Innovación de la región. Por último, el Consejo Regional (CORE) facilitaría la definición oportuna de los financiamientos requeridos.

La Mesa Provincial del Agua, o Mesa Hídrica, presidida por el Gobernador de la provincia, sería la institución que elaboraría el Plan de Gestión Integrada para los Recursos Hídricos de la Cuenca del Choapa, enmarcado en los lineamientos de la Estrategia Regional de los Recursos Hídricos.

El nuevo Comité Técnico de la Cuenca del Choapa tendría como funciones:

1. Recomendar las prioridades de la Cuenca para ser considerados en la elaboración del PGIRH del Choapa
2. Implementar y velar por los avances del PGIRH
3. Revisar las iniciativas o proyectos que se proponga ejecutar para la implementación del PGIRH

Se proponía, inicialmente, que el Comité Técnico de la Cuenca del Choapa estuviera integrado por las Juntas de Vigilancia y el sector académico. Es decir, el comité técnico sería una estructura basada fundamentalmente en el sector productivo, apoyado en el sector académico. De esta forma, se tomaría en cuenta toda la problemática real que afecta la productividad de la cuenca, matizada con el profesionalismo y amplitud de la academia, que aportaría visiones complementarias. Lo que se debería evitar sería que el Comité Técnico estuviera politizado (dependiendo del gobierno de turno).

Sin embargo, el trabajo más cercano con algunos actores de importancia de la cuenca, mostró que actualmente el Directorio Regional del Agua ha reducido la frecuencia de reuniones debido a la reducción de la urgencia producto del término del último período prolongado de sequía, y la Mesa Provincial del Agua del Choapa fue disuelta por el Gobernador, redestinándose su personal (es decir, su secretario ejecutivo) a otras tareas.

Con el avance de las entrevistas y talleres, se pudo constatar que la mesa hídrica o provincial no convocaba a todas las entidades de la cuenca, no se hacía cargo de todos los conflictos, y era muy dependiente de la autoridad de turno, por lo cual hay personas que opinan que la mesa GIRH no debiera ser liderada por ésta, sino que manejarse como una corporación.

Para apoyar la decisión de cómo formular de la mejor manera posible una nueva gobernanza, que opere en forma permanente y no sólo cuando urge un tema específico como la sequía, se exploraron diversas formas de gobernanza, nacionales e internacionales, que se presentan en los capítulos 3, 5.10 y 5.11.

En vista de lo observado para las gobernanzas analizadas, para operar sobre la realidad vigente de la cuenca del Choapa, se propuso en este trabajo, ser más pragmático, y partir aceptando una realidad dada, que se refiere a: las posibilidades concretas de asociación que permite la ley chilena, la naturaleza privada de los derechos, los pagos que efectivamente se realizan hoy por el agua (contribuciones por tierras regadas diferentes a tierras de secano, tarifas de agua potable, patentes por no uso y cuotas sociales en las OUA), la ausencia de financiamiento directo para una entidad adicional, los requerimientos específicos que se busca suplir (Plan), y la coordinación que es necesario lograr para ello. Entre las necesidades más nombradas, está la de la sociedad civil y agrícola, de convivir en forma más pacífica y menos desconfiada, con la minería.

En cualquier modelo que se adopte, la gobernanza debe considerar representantes del sector público, privado y sociedad civil. Esto fue considerado en el Directorio Regional del Agua y en la Mesa Provincial del Agua, los cuales incorporaron agencias públicas, actores privados y la sociedad civil. En la Corporación propuesta para el BíoBío, se incorporaron actores con y sin derechos de agua, correspondiendo éstos últimos, por ejemplo, a entidades que vierten desechos en los ríos (industrias que se surten de agua potable), o entidades que generan erosión en los terrenos aledaños a los cauces (criadores de caprinos), o cualquier otra entidad que afecta el recurso hídrico sin tener derechos y muchas veces sin saber que lo está afectando.

La conformación de la gobernanza fue un proceso para el cual se tomaron en cuenta las opiniones personales e individuales mediante la consulta directa en talleres, y a través de entrevistas personales de todos los personeros más destacados, líderes de terreno, representantes sociales y expertos de la cuenca.

La presente propuesta fue ampliamente socializada al interior de la consultora, con la DGA y con la futura gobernanza, a través de los talleres y entrevistas descritos en el capítulo 6.

7.3.1 Bases para la formación de una gobernanza

La gobernanza, en la forma en que aquí se propone, se remonta al taller 1. En dicho taller, se consultó a la audiencia ¿Para qué quiere Ud. una GIRH?. La mayor votación la recibió el tema de la gobernabilidad o gobernanza, de la cual se espera que cumpla con las siguientes características:

Ente rector:

- Que sea un organismo único en la cuenca que coordine uso eficiente del agua, sustentable (defendible mediante razones) y sostenible (que cuente con los recursos para perdurar en el tiempo)
- Que sea una institución validada entre los partícipes
- Que constituya una institucionalidad de peso para la planificación y organización de recursos hídricos

Inclusivo:

- Que incluya a todos los actores
- Que permita y fomente la participación de la comunidad en la gestión
- Que motive la participación de actores relevantes, no sólo los relacionados con el agua
- Que le otorgue importancia a las comunidades de aguas subterráneas

Coordinador:

- Que genere un ordenamiento de participación y coordinación de servicios públicos
- Que encarne la participación mixta público-privada
- Que permita la interacción entre instituciones

Comunicador:

- Que provea espacios de diálogo
- Que genere transparencia
- Que logre una sana convivencia entre sectores productivo, social, seres vivos (ecosistema)
- Que permita construir confianzas entre empresas-sociedad-estado

Por lo tanto, la tarea fue la de encontrar una forma de organización que permitiera lograr una entidad que pudiera cumplir con todas estas características.

7.3.2 Fórmulas analizadas

Debido al hecho de que la gobernanza del agua a nivel de cuenca no está formalizada en la ley chilena, y se necesitaba avanzar con una formulación concreta, se exploraron diferentes fórmulas, entre las cuales se pueden señalar:

- Comité
- Acuerdo Voluntario
- Corporación de derecho público
- Fundación
- Corporación de derecho privado

a) Comité

El Comité, Comisión o Delegación es un conjunto de personas, elegidas o nombradas con arreglo a las leyes vigentes para organizaciones, entidades o instituciones, para desempeñar una labor determinada o encargarse de un asunto, en representación de un grupo mayor, al que se debe. Puede adoptar diversas formas legales, como por ejemplo, una corporación, que se describe más abajo.

Algunos comités usuales en Chile son los comités de agua potable rural, los comités paritarios de higiene y seguridad de las empresas de más de 25 personas, los comités de empresa, los comités de disciplina, los comités de expertos, entre otros. Todos ellos tienen formas legales diferentes, y pueden o no tener personalidad jurídica.

- Desventajas para una GIRH:

Los comités en general son parte de una organización, y se dedican a encargarse a un asunto específico dentro de ella. Suelen no tener personalidad jurídicia propia.

- Ventajas

El Comité puede adquirir personalidad jurídica, con lo que pasa a ser una corporación de derecho privado.

b) Acuerdo voluntario

El Acuerdo Voluntario se ha usado en Chile para abarcar algunos temas acerca de los cuales no se ha legislado, pero donde hay una voluntad colectiva de tomar acuerdos sobre algunos temas, en aras de la paz social. Así, por ejemplo, han nacido los Acuerdos Voluntarios de Producción Limpia, Acuerdos Voluntarios de Pre-Inversión y los Acuerdos Voluntarios de Gestión de Cuencas, todos al alero del ex Consejo de Producción Limpia, actual Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático.

En cuanto a la gestión de cuencas, existe como antecedente el Acuerdo Voluntario de Gestión de Cuenca para la cuenca del río Maipo. Sin embargo, los antecedentes muestran que este tipo de acuerdo es difícil de lograr (en este caso se demoró años), y dentro de sus objetivos está el de configurar una gobernanza. Además, los acuerdos voluntarios carecen de personalidad jurídica. Por lo señalado, este tipo de acuerdo se ha descartado, dado que el objetivo es precisamente, generar la gobernanza.

- Desventajas

Los acuerdos voluntarios no tienen personalidad jurídica. Son un acuerdo. No son una gobernanza, sino que una pre-gobernanza, dado que entre los acuerdos está formar una gobernanza.

- Ventajas

Se puede llegar a acuerdos con la concurrencia de sólo algunos partícipes. Se puede llegar a acuerdos sin contar con una gobernanza.

c) Corporación de derecho público

Las personas jurídicas suelen distinguirse entre personas jurídicas de derecho público y aquellas de derecho privado. Las personas jurídicas de derecho público se caracterizan por ostentar potestades de autoridad; es decir, pueden dictar normas obligatorias, pues detentan potestades públicas (Rojas Moyano, 2014).

Son entes públicos los creados por el Estado, o por otros entes públicos centralizados o descentralizados. Las personas jurídicas de derecho público nacen de un acto legislativo, por lo que su constitución se rige por leyes y reglamentos especiales (la Constitución Política, las leyes administrativas y los reglamentos de los servicios públicos) y se costean con fondos del erario. Es decir, las personas jurídicas públicas se constituyen por ley. Barros B. (2007) señala que las personas jurídicas de derecho público son la nación, el fisco, las municipalidades, iglesias y establecimientos públicos, los que se costean con fondos del erario nacional (artículo 547 del Código Civil).

De ese modo, la creación de una organización de cuenca con una personalidad jurídica pública requiere

- Una ley, proceso que implicaría una reforma al Código de Agua, y un período de tiempo importante.
- Asignación de recursos a través de la Ley de Presupuestos

d) Corporación y Fundación

Por otro lado, la ley chilena reconoce el derecho a asociación de la sociedad civil, y lo reconoce de dos formas: corporación (o asociación) y fundación. De acuerdo con la ley 20500 de 2011, que se refiere a la participación ciudadana, el Estado debe apoyar y promover las iniciativas asociativas, y no interferir en su organización interna. Naturalmente, estas iniciativas son voluntarias, y no pueden ser contrarias a la moral, al orden público ni a la seguridad del Estado. Estas asociaciones tienen personalidad jurídica.

Las personas jurídicas de derecho privado sin fines de lucro nacen a través de un acto jurídico voluntario de los asociados o miembros, que da origen a una persona jurídica, en base a la formulación y aprobación de estatutos en una Asamblea Constituyente. La Asamblea Constituyente reúne a los fundadores en el caso de una Fundación, y a los socios en el caso de una Corporación.

Estas personas jurídicas también pueden ser creadas por iniciativa pública al alero de organismos pertenecientes a la Administración del Estado, como por ejemplo: Corporación Nacional Forestal CONAF, Servicio de Cooperación Técnica SERCOTEC, Centro de Información de Recursos Naturales CIREN, y el Instituto de Investigación Agropecuario INIA, entre las corporaciones, o Fundación Chile, desarrollada por una sociedad entre el Gobierno de Chile y BHP-Billiton-Minera Escondida, comprometida con el desarrollo tecnológico.

Las corporaciones se forman a partir de sus socios, los cuales se comprometen a mantener la entidad con sus aportes, los que estarán destinados a cumplir el objetivo de la entidad. Entre los socios puede participar el gobierno.

Las fundaciones se forman mediante la afectación voluntaria de bienes a un determinado interés general. Dicho fin debe ser permanente o estable, no lucrativo y anhelado por su fundador o fundadores. Como se ha visto, entre los fundadores también puede participar el Gobierno.

- Desventajas de una fundación

Entre las desventajas de una fundación, para los fines de una GIRH, se encuentran las siguientes:

- no cuenta con una Asamblea que represente a todos los interesados o beneficiarios
- depende de los recursos que aportan los fundadores y donantes
- los aportes son voluntarios
- los fundadores controlan la fundación
- los fundadores ponen las reglas básicas para la aplicación de los recursos al cumplimiento de los fines fundacionales y para la determinación de los beneficiarios.

- Desventajas de una corporación

Como desventajas de una corporación podrían señalarse las siguientes:

- depende de los recursos de los socios
- si los socios son pocos, podrían capturar la corporación (sin embargo, esto se evita nombrando un directorio más amplio que los socios, el cual es responsable frente a una Asamblea).

Dado el objetivo específico de la gobernanza para la GIRH, y con la intención de que sea una entidad formal yt amplia, la propuesta de gobernanza se configura, por lo tanto, como una Corporación de Derecho Privado sin fines de lucro. Es la forma en que la ley permite la asociación de muchos entes, en forma flexible, autoimpuesta por los estatutos, y compatible con los fines perseguidos.

Las ventajas de la Corporación se detallan en el acápite siguiente.

7.3.3 Ventajas de una corporación

En cuanto a la corporación o asociación, se propone aquí una corporación de derecho privado, con propósito de bien público, sin fines de lucro (OSFL). La corporación puede denominarse Comité, Organización, Asociación, Corporación, Consejo, entre otros. Con el fin de consensuar el nombre de la organización propuesta, este aspecto fue tratado en un taller, en el que se acordó llamarla Corporación.

A través de sus estatutos, ella deberá garantizar los derechos y deberes que tendrán sus asociados en materia de participación, elecciones y acceso a información del estado de cuentas, sin perjuicio de las demás estipulaciones que ella considere incluir.

La condición de asociado lleva consigo el deber de cumplir los estatutos y acuerdos válidamente adoptados por la asamblea y demás órganos de la asociación, tanto en relación con los aportes pecuniarios que correspondan, como a la participación en sus actividades.

Entre las ventajas de formar una Corporación, que aseguran su flexibilidad y adecuación al tema requerido, están las siguientes:

- Es un organismo formal con personalidad jurídica reconocido por el Estado.

- Permite proponer una gobernanza para la GIRH en el corto plazo.

- Puede tener fines públicos, como las Juntas de Vigilancia

- Admite como socios a otras personas jurídicas, privadas y públicas, y a personas naturales, aunque para la GIRH se recomienda incluir como socios sólo a personas jurídicas.

- Incluye una Asamblea que reúne a todos los participantes interesados y relacionados de alguna manera con los recursos hídricos.

- Ofrece una modalidad interna de control, pero también externa a nivel estatal (reportes ante el Ministerio de Justicia).

- Se rige por estatutos claros, protocolizados y aceptados por sus miembros. Los estatutos deben abarcar todos los temas relevantes. Los estatutos se pueden modificar con el consenso de la Asamblea.

- Al ser legalmente constituida, tendrá el peso que la ciudadanía quiere ver en esta institución.

- Constituirse en una persona jurídica, permitirá a la entidad realizar todos los trámites y gestiones inherentes a ella (realizar trámites, contar con cuentas corrientes, acceso a créditos y fuentes de financiamiento, contratación de personal, etc.).

- Pueden establecerse cuotas de aporte por parte de los socios, lo cual puede asegurar la permanencia financiera de la organización.

- Es una figura amplia pero al mismo tiempo relativamente simple de tramitar.

- No debiese generar temores, que hagan que las organizaciones prefieran restarse de participar, dado que los estatutos se elaboran y acuerdan en conjunto.

La Corporación parece ser una fórmula válida para comenzar a operar a nivel de cuenca, de acuerdo con los análisis y estudios que ha realizado el equipo de la consultoría. Por ello, se ha propuesto su constitución, de la forma que se detalla a continuación.

7.3.4 Formalización de la corporación

Las asociaciones (corporaciones) se constituyen y adquieren personalidad jurídica conforme al Título XXXIII del Libro I del Código Civil, sin perjuicio de lo que dispongan leyes especiales.

Dentro de las personas jurídicas colectivas aceptadas por el Ministerio de Justicia de Chile, se encuentran las figuras de la "Corporación", o, más genéricamente, "Asociación", formada en torno a personas (naturales o jurídicas), y la "Fundación". Esta última se descarta para los fines del presente estudio, porque se genera en torno a un fondo, el cual es aportado usualmente por una o varias personas, las cuales determinan totalmente su forma de funcionamiento. La forma de financiamiento de la corporación queda establecida en sus estatutos.

La corporación es simple de instaurar y se rige por el Reglamento sobre Concesión de Personalidad Jurídica a Corporaciones y Fundaciones (Decreto Nº 110, 1979, del Ministerio de Justicia), el que establece que se pueden constituir mediante dos modalidades:

a) Instrumento privado reducido a escritura pública, que "deberá ser firmado por todos los constituyentes, individualizados con su Rol Único Nacional o Tributario, contendrá el acta de constitución, los estatutos por los cuales ha de regirse y el poder que se confiere a la persona a quien se encarga la reducción a escritura pública de dicha acta, como asimismo la tramitación de la solicitud de aprobación de los estatutos y la aceptación de las modificaciones que el Presidente de la República proponga introducirles". La solicitud de aprobación se presenta ante el Ministerio de Justicia o SEREMI del Ministerio de Justicia respectivo.

   Lo señalado significa:

   - Realizar una asamblea constituyente por parte de los socios.
   - Levantar un acta de la asamblea constituyente que contenga los Estatutos acordados para la Corporación.
   - Reducir el acta de constitución y estatutos, a escritura pública.
   - Solicitar concesión personería jurídica al Presidente de la República acompañando estatutos reducidos a escritura pública.

   Este trámite se realiza ante el SEREMI de Justicia de Coquimbo. El Ministerio de Justicia tramita esta solicitud ante:

   - El Gobernador Provincial a fin de verificar si el/los solicitantes cuentan con medios económicos para cumplir su objeto social
   - El Registro Civil e Identificación para comprobar la idoneidad de los constituyentes de la Corporación
   - El Consejo de Defensa del Estado para verificar que el objeto y naturaleza de la Persona Jurídica sean conforme a la ley y al reglamento.

b) Acogerse al Estatuto tipo aprobado por el Ministerio de Justicia. En este caso, las corporaciones deben completar los espacios en blanco del Estatuto tipo y firmar en tres o más ejemplares, ante un notario público, para su protocolización. El contenido del acto constitutivo está compuesto por la expresión de voluntad de

constituir una persona jurídica, el nombre de ésta (que debe hacer referencia a su naturaleza, objeto o finalidad), la aprobación de los estatutos, la designación de las autoridades inicialmente encargadas de dirigirla, y la individualización de los que comparecen otorgando el acto. Se debe presentar la solicitud de personalidad jurídica al Ministerio de Justicia o su correspondiente SEREMI de Justicia, entregando un ejemplar protocolizado del estatuto tipo. El Ministerio de Justicia tramita la solicitud ante el Gobernador y el Registro Civil.

Las personas jurídicas sin fines de lucro deben registrarse en el Registro Nacional de Personas Jurídicas sin fines de lucro, a cargo del Servicio de Registro Civil e Identificación.

7.3.5 Objetivo de la corporación

Como entidad rectora de la gobernanza de una GIRH, la corporación tendrá como objetivo mejorar la seguridad hídrica en un ambiente de paz social. Como se señalara en el capítulo 1.3, bajo seguridad hídrica se puede entender todas aquéllas medidas destinadas a potenciar los efectos benéficos del agua (salud, producción, crecimiento y cooperación) y a minimizar los efectos dañinos (destrucción, pobreza, disputa). (Grey, D. and C. W. Sadoff, 2007). A partir de esta definición, se observa que el conepto de seguridad hídrica incluye el de paz social, el cual se ha definido en el capítulo 1.3.

Poder cumplir con los objetivos de seguridad hídrica y paz social, generará, entre otras condiciones, los escenarios favorables para que los diferentes procesos productivos y sociales que requieren agua, puedan ser llevados a cabo de manera más exitosa. Vale decir, que, como consecuencia de la función descrita de la corporación, los entes individuales podrán verse beneficiados de muchas maneras, todos relacionados con la seguridad hídrica y la paz social.

De acuerdo con lo señalado, los objetivos de una Corporación serían los siguientes:

- Objetivo General
  Gestión Integral RRHH Cuenca Choapa: seguridad hídrica y paz social

- Objetivos Específicos
  - Elaborar PGIRH Cuenca Choapa (según propuesta desarrollada en el marco del presente estudio)
  - Implementar el PGIRH
  - Efectuar el seguimiento del PGIRH
  - Ajustar en PGIRH en un contexto cambiante - PGIRH dinámico
  - Generar los mecanismos de recaudación para mantener la corporación e implementar algunas acciones del plan
  - Generar un ambiente con los valores que más adelante se señalan

7.3.6 Financiamiento de la Corporación

El artículo 7 del Decreto Nº 110 señala que la Corporación deberá contar con medios económicos que garanticen el cumplimiento de sus fines, circunstancia que se acreditará ante el Ministerio de Justicia, con instrumentos tales como depósitos a plazo, vale vistas u otros simialres, o mediante declaración jurada notarial que presten el presidente y el secretario del directorio, de que cuentan con los medios necesarios.

En el título cuarto de los Estatutos propuestos se establece un patrimonio y la forma de financiamiento de la Corporación.

Los medios económicos están constituidos por cuotas de incoporación, cuotas ordinarias o extraordinarias, fijadas en la Asamblea ordinaria o extraordinaria de Socios, respectivamente.

Inicialmente se estima que las 13 instituciones partícipes debieran aportar unos 10 millones de pesos anualmente cada una de ellas, para mantener la secretaría ejecutiva funcionando. La cuota de incorporación podría ser de un millón de pesos por cada institución.

Para las instituciones públicas, esto es facible mediante la incorporación de este monto en la ley de presupuesto, dentro de la glosa Transferencias Corrientes al Sector Privado (como lo hace DGA a CAZALAC, que es una corporación de derecho privado).

El objetivo de participar es el de asegurar el logro de los objetivos de seguridad hídrica y paz social, en beneficio propio y de todos los sectores. La Corporación haría algo que hoy ninguno hace: ocuparse de la coordinación y difusión de acciones, y levantamiento de nuevas acciones en forma consensuada. En resumen, las motivaciones por participar son las siguientes:

- Saber de todas las demás instituciones
- Aportar las visiones e inquietudes propias
- Tener una instancia de coordinación
- Participar en delinear y desarrollar un Plan para la cuenca

En el capítulo 7.4.5 se propone una modalidad de financiación consistente en un aporte de incorporación de cada socio o entidad miembro, con el cual puedan financiarse los costos de establecimiento (asesoría legal, trámites, documentación), y costos de mantención del aparato administrativo de la corporación.

Las sanciones por incumplimiento de las obligaciones pecuniarias por parte de los socios, están establecidas en los estatutos, art 53, y son:

- Suspensión de la calidad de socio por un atraso de más de 90 días en sus obligaciones pecuniarias
- Expulsión por el incumplimiento de sus obnligaciones pecuiniarias por más de 6 meses consecutivos.

7.3.7 Valores que se espera tenga la Corporación

a) Enfoque técnico /científico

Se refiere a la independencia política y la permanencia en el largo plazo:

- En la información
- En los análisis
- En las acciones

b) Autonomía

Autonomía es la facultad de la corporación de tomar decisiones, planificar, según su criterio, con independencia de la opinión o el deseo de otras instituciones, por ejemplo, las políticas como el Gobierno Regional. Este valor debe garantizar:

- Evitar captura institucional (evitar que una de las instituciones integrantes de la corporación logre "apropiarse" de ella guiando la toma de decisiones a su favor)
- Planificación MP y LP
- Ser compatible con la institucionalidad regional y nacional

c) Transparencia

Se refiere a que a través de una buena comunicación, todos saben de todos, y comparten fluidamente:

- La información
- Los diagnósticos
- Los análisis
- Las propuestas

d) Objetividad

Se refiere a la práctica de respaldar con datos los antecedentes relativos a

- La información
- Las finanzas
- Las opiniones

e) Inclusión

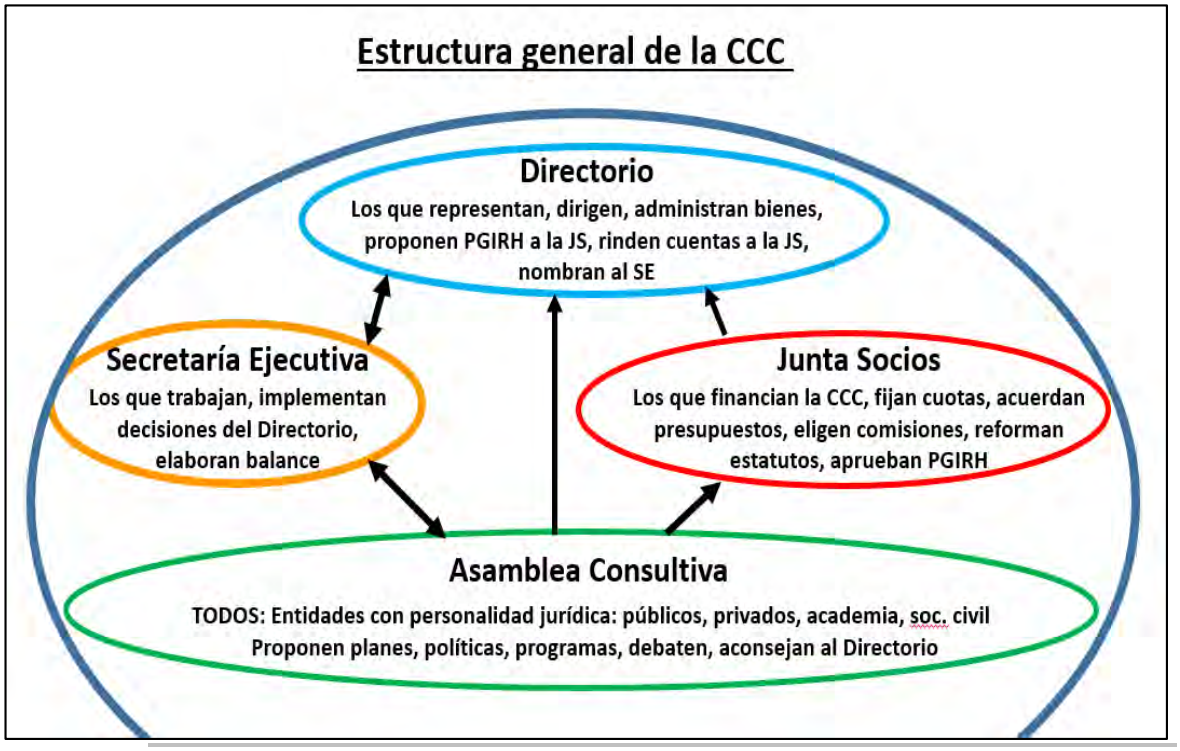
Es el valor que garantiza la participación de todos los actores interesados

- En las propuestas
- En los análisis
- En la toma de decisiones

7.4 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

La estructura organizacional propuesta se llamará Corporación de Cuenca del Choapa, CCC, según acordado en el Taller 4, y es la que se presenta en la Figura 7.4-1.

Figura 7.4-1 Estructura organizacional de la Corporación propuesta



7.4.1 Asamblea Consultiva

Agrupa a todas las instituciones con personalidad jurídica, que tengan algún interés relacionado con los recursos hídricos. Estas instituciones pueden ser públicas, privadas, académicas o pertenecientes a la sociedad civil.

La Asamblea se define como el ente que congrega las bases de apoyo a la Corporación. Es la instancia formal de Participación Ciudadana, y de apoyo al desarrollo del Plan de Gestión Integrada de Recursos Hídricos para la Cuenca del Choapa.

La Asamblea participa en la elaboración del Plan, y es la primera instancia para el levantamiento de temas y para su aprobación formal. La propuesta la evalúa la Junta de Socios. Esta sólo puede aprobar o rechazar, pero no modificar la propuesta.

La Asamblea es presidida por el Presidente del Directorio, que es a la vez el Presidente de la CCC y su representante legal, lo que establece un vínculo directo entre las decisiones de la Asamblea con la Junta y el Directorio.

La Asamblea sesiona en forma ordinaria 2 veces al año, y en forma extraordinaria, cuando lo pide 33% de los miembros, o cuando y cite el Presidente de la CCC.

El registro de los miembros de la Asamblea lo lleva el Secretario del Directorio, según establecen los estatutos.

7.4.2 Junta de Socios

Todos los socios de la Corporación de Cuenca serán instituciones con personalidad jurídica, que serán representados por su representante legal.

Los socios son los que suscriben los estatutos.

Habrá dos tipos de socios, los socios activos y los socios honorarios. Los socios activos, consensuados con los partícipes en el taller 4, serán los 13 siguientes:

- DGA
- DOH
- CNR
- SISS
- JV Río Choapa
- JV Río Chalinga y sus Afluentes
- JV Río Illapel
- Aguas del Valle
- Minera Los Pelambres (u otra minera)
- Municipalidad de Salamanca
- Municipalidad de Illapel
- Municipalidad de Canela
- GORE

La incorporación de socios honorarios se detalla en los Estatutos.

Los servicios públicos pueden ser socios concurriendo con una cuota de incorporación y anual, lo que debe quedar establecido en la ley de Presupuesto, bajo la glosa de Transferencias Corrientes al Sector Privado.

La Junta de Socios formará en su interior, tres comisiones:

- La Comisión Revisora de Cuentas, compuesta de 3 personas, con un presidente
- El Tribunal de Disciplina, con 3 personas, con un presidente y un secretario
- La Comisión de Elecciones

La Junta de Socios sesionará en forma ordinaria una vez al año, y en forma extraordinaria, cuando 25% de los socios activos lo solicite, o cuando el Directorio lo acuerde y cite. Los acuerdos de la Junta de Socios son vinculantes.

7.4.3 Directorio

El Directorio estará compuesto por los representantes legales de todos los socios, y adicionalmente por las siguientes personas:

- Dos representantes de los APR
- Un representante de la academia e instituciones de investigación
- Un representante de asociaciones campesinas

La composición del Directorio se establece en los estatutos.

El Directorio elegirá entre sus integrantes:

- Al Presidente y RL CCC
- Al 1er Vicepresidente
- Al 2º Vicepresidente
- Al Secretario
- Al Tesorero

El Directorio sesionará en forma ordinaria al menos 6 veces al año, y en forma extraordinaria, cuando lo pida 33% de los directores, o cuando cite el presidente.

7.4.4 Secretaría Ejecutiva

El órgano técnico de la CCC se llamará Secretaría Ejecutiva, e inicialmente estará compuesta el siguiente personal:

- El Secretario Ejecutivo
- La Secretaría Administrativa
- Dos profesionales del rubro hídrico-hidrológico-hidráulico como apoyos territoriales

La labor de la Secretaría Ejecutiva será la de realizar todos los trabajos que le encargue el Directorio, y, especialmente, cumplir con el desarrollo del Plan de GIRH.

7.5 COSTOS DE INSTALACIÓN Y OPERACIÓN

Considerando el diseño organizacional propuesto, se estimaron los siguientes requerimientos para las inversiones de instalación y gastos operativos, según se aprecia en las Tablas 7.5-1 y 7.5-2. El detalle de cómo se llegó a estos valores se encuentra en el Anexo Capítulo 7.5.

Tabla 7.5-1 Costos de inversión o instalación en pesos Diciembre 2017

Costos de Instalación ($)	
Computadores	2,700,000
Servidor	1,400,000
Impresoras	945,000
Habilitación Oficinas	4,626,000
Creación legal de la corporación	10,000,000
Campaña reclutamiento socios	10.000.000
Instalación Red	385,000
Total	**30,056,000**

Tabla 7.5-2 Costos de operación en pesos Diciembre 2017

Gastos de operación		
	$ / mes	**$ / año**
Recursos Humanos	6,500,000	78,000,000
Arriendo	466000	5,592,000
Viáticos, movilización y costos de estadías	1,500,000	18,000,000
Difusión	200,000	2,400,000
Materiales Oficina	380000	4,560,000
Gastos Generales	240000	2,880,000
Licencias	234000	2,808,000
Total		**114,240,000**

El costo total del primer año de operación, de la Gobernanza, se estima, por lo tanto, en unos $145.000.000 (ciento cuarenta y cinco millones de pesos).

7.6 ESTATUTOS

Es importante tener en consideración que, para que los estatutos de una corporación sean válidos, deben indicar con claridad:

- El contexto y su ámbito de acción
- Nombre de la corporación, domicilio, objeto y duración
- Composición
- Conformación del Patrimonio
- Miembros o socios de la Corporación: Quiénes podrán pertenecer. sus derechos y obligaciones.
- Organización interna: Asambleas Generales (Ordinarias, Extraordinarias); Directorio; Comisión Revisora de Cuentas; Personal (Director/Secretario Ejecutivo, administración y contabilidad); Órganos de administración, ejecución y control, sus atribuciones y el número de miembros que los componen. Definición de los roles de cada instancia.

Los estatutos establecen con absoluta certeza quiénes integrarán la CCC y cómo se coordinarán. En todo caso, la corporación deberá entregar cada año al Ministerio de Justica una Memoria Anual con los estados financieros aprobados por la Junta de Socios. De no presentarla, podría ser caducada por el Ministerio.

En el Anexo Capítulo 7.6 se entrega la propuesta de Estatutos que el consultor ha desarrollado en el presente trabajo, que recogen todo lo anteriormente señalado, que fueron ajustados en base a la información aportada por los partícipes en los diferentes talleres de trabajo, y socializados en el taller final. Los estatutos también se entregan impresos al final del presente informe.

7.7 MODIFICACIONES LEGALES

Es necesario señalar que hay evidencias de que en Chile la necesidad de una modificación legal es una traba de efecto paralizante para cualquier proyecto que se desee impulsar en el corto plazo. Por otro lado, hay evidencia reciente y abundante, de que, existiendo la necesidad o la voluntad política de realizar algunas acciones beneficiosas para todos los afectados, se pueden concretar iniciativas interesantes sin modificaciones legales.

7.7.1 Modificaciones legales de propuestas anteriores

La Corporación Administradora de Cuencas de Bío Bío se creó en un contexto en que la visión que se tenía en el país, respecto de la gestión integral de los recursos hídricos, era la de replicar las experiencias de países europeos, como Francia y España.

La experiencia extranjera en general nos muestra que la estructura de la GIRH tiene una base legal formal, la que sin duda es conveniente para dar una base de apoyo a todas las cuencas que quieran sumarse a esta iniciativa, aunque sin depender de una autoridad de turno, que levante la GIRH, o la deponga, de acuerdo con su propio criterio, como ha ocurrido en Chile.

La creación por ley, sin embargo, debe ser flexible, y cuidar de no generar estructuras rígidas, o aún no requeridas en algunas cuencas.

En la proposición de modificaciones legales de 1992, la entidad administradora de cuencas (CAC) se creaba para todo el país. Se concebía muy abarcadora, de modo que había que modificar diversas leyes quitando atribuciones a otras entidades para dotar de ellas a la CAC. Además, ella se encargaría de muchos temas, a través de varios departamentos de especialistas, por lo cual había que generar un financiamiento importante para ella, que requería instituir un sistema de usuario-pagador, contaminador-pagador y otras tarifas y multas. Por último, había una gran ambigüedad en el alcance del "manejo de cuencas" que sería su función, pues desde distintos ámbitos se asignaban alcances y contenidos muy diversos a esta institución.

La revisión de la historia de la ley Nº 20017, mostró la gran cantidad de leyes que deberían ser modificadas según lo planteado en esta iniciativa, las que se presentan en la Tabla 7.7-1.

Ello hizo conveniente retirar el tema de la CAC de las modificaciones al Código de Aguas aprobadas finalmente el año 2005.

No en vano, ya en 2003, después de que esta iniciativa no diera resultado por depender de profundas modificaciones legales para su financiamiento y funcionamiento, Peña y Solanes (2003), señalareon que una estructura de gobernanza debiera cumplir con las siguientes características:

- Dentro de lo posible, ser compatible con el marco jurídico económico vigente
- Ser complementaria al modelo actual de gestión de los recursos hídricos
- Ser representativa mediante participación amplia, de todos los actores relevantes

- Ser inclusiva de todos los sectores: una alianza público-privada
- Ser generadora de un marco para la acción de las instituciones públicas

El ejemplo australiano, flexible y de gran sentido común, muestra que allá se formó una autoridad de cuenca sólo para una cuenca, Murray-Darling, por encontrarse ésta en una situación delicada que requería una acción, pero la ley no es extensiva para todas las cuencas del país.

En 2012, el Instituto de Ingenieros de Chile entregó una nueva propuesta de Consejo de Recursos Hídricos, mucho menos ambiciosa, que se describe también en la Tabla 7.7-1.

El detalle de ambas propuestas se incluye en el Anexo Capítulo 7.7.1.

Tabla 7.7-1 Modificaciones legales de propuestas anteriores

ORGANISMO	CORPORACIÓN ADMINISTRADORA DE CUENCAS (CAC)	CONSEJO DE RECURSOS HÍDRICOS DE LA CUENCA (CRH)
INSTITUCIÓN	Coyne et Bellier – EUROPACT. MOP-DGA.	Instituto de Ingenieros de Chile
AÑO	1995	2012
SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN PROPUESTO	Organismo autónomo, situados en el sector privado, sin fines de lucro.	Entidad de carácter público/privado.
COMPOSICIÓN	1. Público: 35% 2. Municipal: 20% 3. Privado: 45% a. Un 80% del sector privado correspondería a representantes de usuarios de agua).	4. Público: 40% 5. Privado: 60% a. Usuarios directos del agua, sectores productivos específicos, y representantes de la ciudadanía en general (municipalidades, juntas de vecinos, comunidades indígenas), etc.
OBJETIVOS	• Adecuada coordinación entre los organismos regionales, municipales y locales y demás entes públicos y privados, con competencia o intereses dentro de la cuenca. • Promover la efectiva participación de la sociedad civil en la planificación, conservación y desarrollo sustentable de los recursos hídricos y ambientales de la cuenca. • Proteger y conservar los recursos hídricos de la cuenca, en cantidad y calidad a través de una visión integradora que tome en cuenta la existencia de las interconexiones entre los componentes de la cuenca. • Asegurar los niveles necesarios de cantidad y calidad de aguas para satisfacer los usos y requerimientos socioeconómicos de la cuenca, en especial en períodos de sequías. • Proporcionar a la población una adecuada seguridad frente a los eventos hidrometeorológicos extremos. • Garantizar el conocimiento y monitoreo de los procesos físicos y biológicos que se desarrollan en la cuenca, que se relacionan con sus recursos naturales.	2. Constituir, en el área de actuación de cada CRH, una instancia de análisis y debate sobre los temas que se relacionan con la gestión integral de las aguas. 3. Favorecer el intercambio de información entre los actores públicos y privados, y el acceso del público general a los antecedentes sobre la evaluación, comportamiento y uso de los recursos hídricos, y los aspectos relativos al mercado del agua, en la cuenca respectiva o área de actuación. 4. Construir una visión coherente y armónica, de mediano y largo plazo, de la gestión del agua en su área de actuación, que refleje y oriente los programas, políticas y proyectos del sector público y privado, considerando el comportamiento esperado de los recursos hídricos y su uso.

ORGANISMO	CORPORACIÓN ADMINISTRADORA DE CUENCAS (CAC)	CONSEJO DE RECURSOS HÍDRICOS DE LA CUENCA (CRH)
	• Generar los mecanismos de movilización de recursos financieros requeridos para implementar las acciones y medidas en función de la gestión integral de la cuenca. 1. Formular periódicamente (5 años) un Plan Director para la Cuenca, el cual debiera incluir: • Proyectos y programas prioritarios de beneficio común, los cuales tendrían apoyos financieros de la corporación (subsidios, cofinanciamiento, préstamos). • Recomendaciones para el ejercicio de las atribuciones de los organismos públicos (planes reguladores, autorización de vertidos, declaraciones de restricciones, etc.). • Orientaciones para la acción privada.	5. Constituir una instancia de seguimiento integrado y coherente de la evolución de la situación de los recursos hídricos en el área de actuación. 6. Promover la incorporación de dicha visión concordada de mediano y largo plazo en el conjunto de las actuaciones públicas y privadas. 7. Representar los intereses del conjunto de beneficiarios o afectados con la gestión de los recursos hídricos en el área de actuación, ante otras instancias públicas o privadas. 8. Promover y coordinar iniciativas de interés común de los beneficiarios o afectados con la gestión de los recursos hídricos. 9. Favorecer la participación de los beneficiarios/afectados en la formulación de las políticas y planes públicos relacionados con el agua. 10. Promover acuerdos entre los distintos actores, orientados a la resolución de las situaciones de conflicto que se presenten, y que estén relacionados directa o indirectamente con los recursos hídricos.
ESTRUCTURA ORGANIZATIVA	a) **Asamblea De Cuenca:** como nivel de decisión política, órgano deliberante donde se fijan las bases sobre las cuales deberá administrarse la cuenca b) El Directorio Ejecutivo: 7 miembros - 2 miembros por cada sector (Público, Privado, Soc. Civil) - 1 Presidente propuesto por la Asamblea. c) **Secretaria Ejecutiva:** que constituye el nivel de gerencia operativa, relaciones institucionales y coordinación técnica.	a) **Consejo:** Como organismo superior de la institución. b) **Directorio:** Constituido por 7 personas: - 3 representantes del sector público elegidos entre los miembros de este sector, - 3 elegidos entre el resto de los integrantes - 1 Presidente elegido por el Consejo. c) **Secretaría Ejecutiva:** Instancia estrictamente técnica, además de la gestión administrativa.

ORGANISMO	CORPORACIÓN ADMINISTRADORA DE CUENCAS (CAC)	CONSEJO DE RECURSOS HÍDRICOS DE LA CUENCA (CRH)
	d) **Las Unidades Operativas**, que se proponen en dos niveles: programático y territorial, con dos unidades de apoyo en administración y asesoría legal. A nivel programático se plantean 5 unidades: a) Unidad de Información y Estudios Básicos, b) Unidad de Planificación, Proyectos y Estudios Integrales, c) Unidad de Informática, d) Unidad de Educación, Difusión y Participación de los Usuarios e) Unidad de Gestión Financiera. En cuanto a las unidades territoriales la propuesta incluye 5 unidades, definidas según criterios de lógica y homogeneidad tanto geográfica como de la problemática existente, a saber: a) "Concepción Golfo", b) "Laja" o "Los Angeles", c) "Nahuelbuta" o "Angol", d) "Centro" o "Mülchen" y e) "Andina".	
FINANCIAMIENTO	Financiamiento a través de las actividades de la Corporación con el pago de tarifas por uso y descontaminación, más una patente por los derechos de agua (una fracción de estos últimos). El presupuesto total del plan director en 20 años es del orden de USD 3.200.000.000, de ellos 900 son ayudas de la Corporación y 2.300 provienen del conjunto de los usuarios, o sea, equivale a un cofinanciamiento de la Corporación de un 30% si se incluyen las inversiones del sector hidroeléctrico (1.500 MUSD), o a un 50% si no se incluye la inversión en éste sector.	El CRH debe disponer de un financiamiento basal permanente, que asegure un nivel de funcionamiento mínimo. Posibles fuentes de financiamiento: a) Presupuesto regular con cargo al Fisco, a través del Gobierno Regional. Operación de la Secretaría Ejecutiva y gastos de funcionamiento de los CRH. b) Reasignación de recursos que recibe el Fisco en el área, originados en temas de agua, que ingresan actualmente a las rentas generales de la nación o son

ORGANISMO	CORPORACIÓN ADMINISTRADORA DE CUENCAS (CAC)	CONSEJO DE RECURSOS HÍDRICOS DE LA CUENCA (CRH)
	El costo total de funcionamiento de la Corporación (monitoreo, planificación, personal y equipos) para desarrollar el plan a 20 años es de 45 MUSD y representa el 4% del presupuesto de la ésta y 1,5% del total del plan director. La ayuda financiera a proporcionar por la Corporación, en base a las tarifas propuestas, proviene de las fuentes siguientes: • tarifas de uso (170 MUSD) y de descontaminación y lucha contra la erosión (320 MUSD), • patentes (175 MUSD), • subsidios para iniciar el proceso (17 MUSD), • préstamos externos a la Corporación (55 MUSD), • retorno de préstamos otorgados a los usuarios (370 MUSD).	destinados a dicha área mediante asignaciones especiales a las comunas o a fondos regionales. c) Asignación directa de fondos del Estado o de fondos provenientes de préstamos internacionales obtenidos por organismos públicos. d) Recursos que se destinen indirectamente al CRH a través de convenios con instituciones del sector público o privado. e) Fondos de financiamiento regionales o de otros disponibles a través de las postulaciones a concursos. f) Donaciones privadas de empresas, fundaciones u otras.
INSTRUMENTOS DE GESTIÓN	11. Plan Director 12. Propuesta de un Sistema de Información/Gestión 13. Sistema Tarifario por Uso Agua y Descontaminación 14. Propuesta para Desarrollo y Fortalecimiento de un Mercado del Agua	15. Plan Director 16. Sistema de Información Integrado sobre Rec. hídricos 17. El Informe Anual de seguimiento
ASPECTOS LEGALES	Los requerimientos para la puesta en marcha de la Corporación de Cuenca **son esencialmente de carácter legal** y deben considerar las funciones entregadas por la ley 19.300 y sus Reglamentos. La naturaleza de las funciones y competencias que se proponen para la Corporación de Cuenca, implican la necesidad de establecer un marco o fundamento legal para su actuación, mediante la modificación de instrumentos ya existentes, como el Código de Aguas, y la creación de otros, particularmente la formulación de **una Ley Marco de Corporaciones de Cuenca**, para precisar su rol, régimen, estructura, composición, esquema de financiamiento y aspectos operativos. Dentro del proceso y dadas las distintas posiciones a nivel del senado, esto derivó en que no se implementara finalmente.	Los primeros pasos de manera indispensable y realista, para hacer posible el proceso de conformación de los CRH es impulsar una modificación del diseño institucional actual, que permita la creación de una nueva entidad, de carácter básicamente coordinador, que considere participación ciudadana, **privada y pública**, y que responda a un diseño operacional apropiado; entidad que se ha denominado: Consejo de Recursos Hídricos de la cuenca o grupo de cuencas (CRH). La que necesariamente deben estructurarse como una entidad de carácter público/privado y que debiera tener personalidad jurídica propia, claramente diferenciada de la de sus miembros y de la del gobierno, que refleje su autonomía.

ORGANISMO	CORPORACIÓN ADMINISTRADORA DE CUENCAS (CAC)	CONSEJO DE RECURSOS HÍDRICOS DE LA CUENCA (CRH)
MODIFICACIONES LEGALES	Extraído de: Primer Trámite Constitucional. 2 de diciembre de 1992. Cámara de Diputados. Mensaje Nº 283-325. Extraído de: Oficio Indicaciones del Ejecutivo. Formula Indicaciones al Proyecto de Ley que Modifica el Código De Aguas (Boletín n° 876-09). 30 de septiembre de 1993. Intercálase el siguiente párrafo, nuevo, al Título III del Libro II, a continuación del artículo 282, pasando el actual Nº 5, a ser 6: "5.- Las Corporaciones Administradoras de Cuencas Hidrográficas. 5.- De las Corporaciones Administradoras de Cuencas Hidrográficas". Artículo 282 A.- Las cuencas u hoyas hidrográficas se administrarán integradamente desde su desembocadura en el mar hasta sus nacientes, mediante un organismo denominado Corporación Administradora de la Cuenca Hidrográfica que gozará de personalidad jurídica y se regirá por las normas de este Código y las disposiciones del Título XXXIII del Libro I del Código Civil, con excepción de los artículos 560, 562, 563 y 564. Un reglamento especial establecerá sus normas de funcionamiento interno. "La Corporación Administradora de Cuencas Hidrográficas tendrá como órganos de administración la Asamblea, el Directorio y el Presidente. La Asamblea estará integrada por todos los miembros de la corporación, los que sin embargo, representarán porcentajes de votos diferentes. En la Asamblea los sectores público y municipal tendrán el 40%; el sector privado, un 60%; y dentro de éste, un 60% corresponderá al sector de usuarios del agua, y el 40% restante a los demás partícipes de las actividades relacionadas con la administración o gestión y efectos de la cuenca, según lo establecido en el artículo 282 c. Un reglamento especial determinará la forma de distribución pormenorizada de los porcentajes de votación, teniendo presente las características especiales de cada cuenca o grupo de cuencas hidrográficas. La Asamblea deberá cumplir para su instalación legal, en cuanto le sean aplicables, con los requisitos establecidos en el Párrafo 1° del Título III del Libro II de este Código para las Juntas Generales de las Comunidades de Aguas. El Directorio estará compuesto de 10 miembros de los cuales cuatro representarán a las entidades públicas y municipales, y 6 al sector privado será elegido por la Asamblea y durará 2 años en sus funciones. Sin perjuicio de otras funciones que le asigne el reglamento estará encargado de cumplir y ejecutar los acuerdos de la Asamblea. El Presidente del Directorio será	**El CRH**: Una entidad formal. El CRH **se debiera concebir como una entidad oficial**, cuyo funcionamiento, atribuciones y responsabilidades esté regulado por ley. De este modo, sus objetivos y organización, deberían ajustarse a un marco jurídico general preestablecido por el Estado. **Institución de constitución pública/privada**. Los CRH necesariamente deben estructurarse como una entidad de carácter público/privado. [Se menciona a organismos de cuencas de Francia y España. En Chile CONAF, CNR] **Refrendación por la autoridad pública**. Para dar plena formalidad y aceptabilidad al proceso de organización de los CRH y garantizar la adecuación de sus estatutos a la legislación vigente, ellos deberían estar validados formalmente por la autoridad pública a través de procedimientos y lineamientos previamente definidos. Al respecto, en el país se tiene el ejemplo de la constitución de las Juntas de Vigilancia de los ríos, **cuyos estatutos son aprobados por el Presidente de la República, con informe de la DGA**. **La GIRH, no se concibe como una instancia que reemplace a la actual institucionalidad pública**, en el sentido de que no busca eliminar ni cambiar el rol de los actuales organismos públicos, sino que se orienta a complementarla, incorporando los elementos que cubran los vacíos que se presentan en la gestión del agua por falta de una visión integrada La concepción del CRH desarrollada en este informe**, no considera el traspaso de atribuciones desde entidades públicas** ni establecer limitaciones a la actuación de los entes del sector privado. **Creación según necesidades locales**. Como se ha señalado anteriormente, la intensidad con que se aprovechan los recursos hídricos y, en general, los recursos naturales, es muy variable a lo largo del país.

ORGANISMO	CORPORACIÓN ADMINISTRADORA DE CUENCAS (CAC)	CONSEJO DE RECURSOS HÍDRICOS DE LA CUENCA (CRH)
	elegido por éste de entre los Directores, y será el representante legal de la Corporación. " ; Podrán establecerse Corporaciones Administrativas de Sub-Cuencas Hidrográficas cuando razones técnicas o de administración lo aconsejen, e igualmente todos estos organismos podrán agruparse en confederaciones si fuese conveniente a sus intereses. Artículo 282 B.- Los estatutos y organización de las Corporaciones Administradoras de Cuencas Hidrográficas serán aprobados por Decreto del Ministerio de Obras Públicas, previo informe favorable de la Dirección General de Aguas. La Dirección General de Aguas podrá asumir la iniciativa para la constitución de estos organismos en las condiciones señaladas en el inciso final del artículo 188. Artículo 282 C.- Las Corporaciones Administradoras de Cuencas Hidrográficas se integrarán con representantes de los usuarios de los recursos de aguas agrupados en sectores, tales como regantes, industriales, mineros, hidroeléctricos, sanitarios y otros. El reglamento establecerá los casos en que, justificadamente, se aceptará la participación individual de los mismos. Igualmente podrán formar parte de ellas las Municipalidades ribereñas de los cauces que integran la cuenca hidrográfica y los organismos públicos y privados que manifiesten interés en el manejo y administración de la cuenca hidrográfica correspondiente. Artículo 282 D.- Corresponderá a las Corporaciones Administradoras de Cuencas Hidrográficas la adopción de medidas para solucionar, disminuir o controlar problemas relacionados con la utilización de los recursos de aguas entre usuarios de distinta naturaleza, con la contaminación de los recursos hídricos de la cuenca, con la escasez derivada de situaciones climatológicas adversas o extraordinarias, con las inundaciones ocasionadas por eventos meteorológicos extremos o por condiciones defectuosas de los cauces, con la erosión de los suelos que drenan hacia la cuenca y con la extracción de aguas lluvias sobrantes o excesivas dentro de su área jurisdiccional. "Con el fin de cumplir con las funciones indicadas la Corporación podrá llevar a cabo las acciones que aparezcan pertinentes en relación con el uso, el desarrollo, la protección y regulación del agua; el restablecimiento de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas s incluso de las aguas marítimas correspondientes a la zona costera de la cuenca o grupo de cuencas. Con tal efecto, y de acuerdo	Por esta razón, se pretende que **la creación de los CRH, se materialice en aquellas zonas donde la naturaleza de los problemas hídricos, lo haga necesario y aconsejable**. En ningún caso se trata de que, en forma artificial o generalizada, se cree este tipo de organismos a lo largo de todo el país, en todas las cuencas, sino que éstos nazcan como respuesta a problemas o situaciones específicas, actuales o previsibles en el mediano plazo, y que requieran ser asumidos por una instancia de coordinación y participación como la propuesta. **Financiamiento.** Se propone concebir los CRH con las siguientes fuentes de financiamiento: Presupuesto regular con cargo al Fisco, a través del Gobierno Regional. Este financiamiento debiera cubrir básicamente la operación de la Secretaría Ejecutiva y gastos de funcionamiento de los CRH. Reasignación de recursos que recibe el Fisco en el área, originados en temas de agua, que ingresan actualmente a las rentas generales de la nación o son destinados a dicha área mediante asignaciones especiales a las comunas o a fondos regionales. En esta categoría podrían considerarse pagos tales como los correspondientes a las patentes por derechos de aprovechamientos no utilizados, y multas relacionadas con la legislación de aguas y medio ambiente. Esta fuente de financiamiento responde a la lógica de que los recursos públicos asociados directamente a la gestión del agua contribuyan a mejorar su manejo. Asignación directa de fondos del Estado o de fondos provenientes de préstamos internacionales (BID, Banco Mundial, etc) obtenidos por organismos públicos (DGA, MOP, MINAGRI, etc.), que se acuerde administrar a través del CRH. Recursos que se destinen indirectamente al CRH a través de convenios con instituciones del sector público o

ORGANISMO	CORPORACIÓN ADMINISTRADORA DE CUENCAS (CAC)	CONSEJO DE RECURSOS HÍDRICOS DE LA CUENCA (CRH)
	a sus disponibilidades presupuestarias, podrá contribuir a la ejecución de estudios de investigación, programas de trabajo: programas financieros y de inversión, así como a operar las redes hidrométrica y meteorológica, en acuerdo con la Dirección General de Aguas, para conocer los recursos hídricos de la cuenca, tanto en cantidad como en calidad. Llevará también un catastro general de la cuencas que considere sus recursos hídricos y los otros recursos naturales conexos, con toda la información relevante; lo que acordará con los organismos públicos que tienen atribuciones en esas materias para generar información coordinada. Finalmente, le corresponderá mantener vigilancia permanente sobre el uso del agua y de los otros recursos naturales, para denunciar a las autoridades competentes las acciones o actividades que les dañen o degraden; y en particular las correspondientes a contaminación, directa, indirecta y difusa." Artículo 282 E.- El patrimonio de las Corporaciones Administradoras de Cuencas Hidrográficas estará constituido por las cuotas que paguen sus integrantes, por los dineros que recauden por concepto de multas o intereses, por las donaciones entre vivos o por causa de muerte de que sean beneficiarias, y por los subsidios o aportes que pueden obtener de acuerdo a la ley desde entidades públicas o privadas. Artículo 283 F.- Corresponderá a la Dirección General de Aguas la supervigilancia de las Corporaciones Administradoras de Cuencas Hidrográficas.". Las modificaciones legales que tenían relación con la Corporación de cuenca hidrográfica no pasaron finalmente al segundo trámite constitucional del Proyecto de Ley Original, debido a que dicha iniciativa no tuvo buena acogida en la Cámara. Fue objeto de varias críticas, las que apuntaron a problemas de forma, según señalaría el ex Presidente Eduardo Frei en la discusión en Sala. Las críticas se basaban en la falta de maduración del tema y de herramientas legales que podían ser aún perfectibles.	privado, mediante los cuales se asuma el compromiso de implementar determinadas actividades consideradas en sus planes de acción, en especial aquellas relacionadas con el Plan Director. e. Fondos de financiamiento regionales o de otros disponibles a través de las postulaciones a concursos. Estas postulaciones podrían desarrollarse en coordinación con otras entidades, en especial con aquellas que formen parte del CRH. f. Donaciones privadas de empresas, fundaciones u otras. 9 Conviene hacer presente que en la actualidad el cobro de patentes por no uso de derechos de

7.7.2 Modificaciones legales propuestas en el presente estudio

La modificación legal que se sugiere impulsar para la gestión integrada de los recuros hídricos a nivel de cuencas, se basa en una modificación del Código de Aguas, e incluye una entidad adicional a las comunidades de agua, asociaciones de canalistas y juntas de vigilancia: la corporación de cuenca o consejo de cuenca. Esta entidad sin fines de lucro tiene objetivos esencialmente públicos, ya que la razón de su existencia se basa en los requerimientos de información y de coordinación de la institucionalidad existente, y en los requerimientos de difusión del conocimiento entre la academia, el sector público y la ciudadanía.

En los artículos asociados a las atribuciones de las OUA, se deberá agregar como una de las funciones, gestionar el recurso hídrico de acuerdo al Plan establecido por la Corporación.

En el Anexo Capítulo 7.7.2 se incluye el texto de la modificación legal propuesta. Incluye la creación de un consejo de cuenca. Se basa fundamentalmente en los estatutos propuestos en el presente estudio, y parcialmente en la propuesta de Consejo del Instituto de Ingenieros de Chile (2012).

En este sentido, se busca dar un marco estable a la corporación de la cuenca del río Choapa para el desarrollo de la GIRH, sin rigidizar la estructura, y sin la obligación de generar esta estructura en todas las cuencas, es decir, en cuencas donde no se haya levantado la necesidad.

En cuanto a modificaciones legales requeridas a la brevedad, el análisis y conocimiento de lo que ocurre en la cuenca del Choapa ha mostrado, como varias otras cuencas de la Región, que una modificación legal necesaria al código de aguas es la de las patentes por no uso. Según se ha podido apreciar, la penalización por no uso, donde el agua es escasa y lo preferible es que se use lo menos posible, es un incentivo contrario al sentido común (Plan Maestro de Recursos Hídricos, CONIC-BF 2013). Por esta razón, se propone evaluar la posibilidad de eliminar las patentes por no uso en todo sistema legalmente restringido, sean ellos ríos declarados agotados o acuíferos declarados áreas de restricción/prohibición. En estos sistemas, incluso sería adecuado instituir premios por no uso de los derechos, con lo cual se podría llegar a hacer manejos sustentables del agua existente en la cuenca, incluso en épocas de sequía.

Una vía alternativa para lograr la conservación y preservación del recurso, sería redefinir más cuidadosamente lo que se entiende por no uso, considerando que dejar el agua en la fuente es un uso in situ con fines de conservación del recurso y protección de ecosistemas acuáticos, en vez de definirlo como no uso en actividades productivas.

Por otro lado, se propone que la DGA pueda declarar de oficio la prorrata de los derechos de agua subterráneos. Esto es especialmente válido en los sistemas acuíferos con declaración de área de restricción o de prohibición.

Finalmente, es necesario volver a hacer énfasis en una propuesta que nace de la modelación integrada de cuencas, y que se formuló también en el Plan Maestro DGA CONIC-BF (2013), respecto de la necesidad de contar con derechos "de agua", pues sólo se puede hacer gestión integrada cuando se reconoce la naturaleza integrada del recurso hídrico. Sus estados temporales de superficial, subterránea, escurriendo o

almacenada, no son una justificación para tratarlos por separado en la ley. Los derechos separados han llegado a sostener la postura de que deben protegerse unos contra los otros, como se hace con los derechos superficiales que se protegen contra la extracción subterránea en cuencas donde los acuíferos están en contacto con los ríos. Esta postura es completamente opuesta a la gestión integrada. Las modificaciones al CA del año 2005 han tratado de mitigar esta situación, reconociendo la interacción, sin embargo aún se está lejos de subsanar el problema de fondo.

8 FORMULACIÓN DEL PLAN GIRH

El Plan GIRH constituye la forma de llegar desde un diagnóstico consensuado entre la visión del consultor y los aportes de los partícipes, a las metas declaradas para la cuenca por parte de los partícipes.

El Plan GIRH se desarrolló a partir de los componentes propuestos en los Términos de Referencia, adaptados a la realidad de las necesidades levantadas en la cuenca.

a) Objetivos estratégicos
b) Resultados esperados
c) Vinculación con otros planes
d) Priorización
e) Estrategias de acción para el logro de los objetivos
f) Responsable del resultado esperado
g) Estimación de costos del Plan GIRH
h) Modalidades de financiación
i) Indicadores de avance
j) Cronograma
k) Evaluación económica o costos / beneficios

El desafío, por lo tanto, consistió en recoger y consensuar, tanto desde la visión del consultor, como desde la visión propia y particular de cada uno de los actores locales, los problemas, las aspiraciones y visiones de lo que debiera ser una realidad para la cuenca, para luego formular un Plan, que contiene la estrategia de acción para llegar a las metas definidas. Al mismo tiempo, fue importante hacer visibles todos los demás planes que existen para la cuenca, cuyo desarrollo debe tomarse en cuenta por parte del Plan GIRH, en parte para no repetir acciones ya consideradas, y en parte para encargarse de los vacíos.

Al igual que la gobernanza, el Plan se diseñó en base a un diagnóstico técnico del consultor, y una labor colectiva con los partícipes.

El Plan quedó disponible en la página web www.girhchoapa.cl, donde los partícipes pueden seguir revisándolo y adaptándolo a sus requerimientos, dentro de lapsos que autodeterminen.

El Plan completo se encuentra en el archivo PGIRH Choapa.xls, del Anexo Capítulo 8.

8.1 ANTECEDENTES DE OTROS PLANES

Hay diversos estudios anteriores de levantamiento de planes, en que se han definido los objetivos a través de un trabajo de imágenes objetivo para la región y para la cuenca del Choapa, y no todos coinciden. Dependen, en general, de los partícipes de los talleres en que son trabajados, y de las metodologías con que son levantados y priorizados los aspectos clave.

Así, en el estudio CRDP-CAZALAC (2014), se obtiene la siguiente visión para la cuenca del Choapa, trabajada en base a un ordenamiento de ideas y conceptos obtenidos a partir de un proceso llamado "lluvia de ideas":

"La cuenca de Choapa combina una población urbana mayoritaria con una importante población rural, las cuales comparten altos niveles de vida derivados de ambientes resguardados, economía sustentable y diversa, además de estándares sociales adecuados. La vocación de la cuenca es principalmente agrícola y minera, actividades que se rigen por estrictos protocolos que priorizan el cuidado del medio ambiente, el bienestar de sus trabajadores y la producción de alto valor agregado. Al estar localizada en una zona semiárida, el uso del agua en la cuenca de Choapa se regula en estrecho conocimiento de los montos sustentables de su oferta, empleando para ello tecnologías y sistemas de distribución altamente eficientes, respetando las aptitudes del territorio y contando con una cultura empoderada del agua, fomentada por organizaciones de usuarios representativas y capacitadas, más una activa e informada participación de la sociedad".

En el estudio CNR – Infraeco (2015), la imagen objetivo de la cuenca se trabajó por subterritorios (Choapa Alto y Medio, Illapel, Choapa Bajo, Pupío, Quilimarí), y se expresó a través de cuatro dimensiones predefinidas que se aplicaron en forma transversal a todos ellos (Infraestructura de riego, productividad agrícola, gestión de las OUA e Investigación/Desarrollo/Innovación). Para cada dimensión predefinida, los partícipes levantaron la o las metas deseadas. De esta forma, se llegó a un conjunto de metas, o resultados esperados, para cada tema, consensuado entre todos los partícipes. Esto es lo que se llama imagen objetivo, y es lo que se muestra en las Tabla 8.1-1 a 8.1-5.

Tabla 8.1-1 Imagen objetivo subterritorio Choapa Medio Alto

Dimensión	Imágenes Objetivo Corregidas
INFRAESTRUCTURA DE RIEGO	La cuenca del río Choapa y sus afluentes contarán con una alta capacidad de regulación
	Comunidades de Aguas se adjudicarán proyectos a partir de concursos a los que han postulado
PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA	Existirá transparencia y oportunidad de información de monitoreo por medio de sistemas de control y medición de caudales para todos los usuarios de la cuenca
GESTIÓN DE OUA	Existirá una instancia público-privada (OUA) comprometida con el seguimiento del Plan de Gestión de Riego
	Se conocerá a cabalidad la dinámica de las distintas fuentes del agua facilitando la toma de decisiones de distribución del recurso hídrico
I+D+i	Se dispondrá de nuevas tecnologías piloto de apoyo al riego intra y extra predial

Fuente: CNR-Infraeco 2015

Tabla 8.1-2 Imagen objetivo subterritorio Choapa Bajo

Dimensión	Imágenes Objetivo Corregidas
INFRAESTRUCTURA DE RIEGO	Canales revestidos, con sistemas de distribución y dispositivos de medición y control
PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA	Existirán predios con riego tecnificado proveniente de fuentes superficiales y subterráneas
	Existirán acumuladores de agua prediales brindando seguridad de riego
GESTIÓN DE OUA	Comunidades Agrícolas serán beneficiarias de la Ley 18.450
	Todos los usuarios poseerán derechos de aprovechamiento de aguas regularizados y saneados
	OUA contarán con apoyo permanente en su gestión operacional
	Existirá una escuela de dirigentes permanente en aspectos legales y administrativos de las OUA, permitiendo participación de jóvenes y renovación de liderazgos
	Existirá una OUA que congregue a las comunidades de aguas del sector bajo de la cuenca, actuando como interlocutor frente a la Junta de Vigilancia del Río Choapa
I+D+i	Sistemas de impulsión comunitarios que aprovecharán nuevas superficies de suelos de Comunidades Agrícolas, utilizando energía solar
	Existirá a disposición estudios que integren diversas dimensiones agroeconómicas que permitan tomar decisiones de inversión, integrando a nuevas generaciones de usuarios de aguas

Fuente: elaboración propia en base a trabajo con actores del territorio, 2016

Fuente: CNR-Infraeco 2015

Tabla 8.1-3 Imagen objetivo subterritorio Choapa Bajo

Dimensión	Imágenes Objetivo Corregidas
INFRAESTRUCTURA DE RIEGO	Existirá una red integrada en la cuenca que relacione embalses y obras de conducción (embalses de cabecera en río Illapel, secundario en Carén, Alcaparroza y revestimiento de canales)
PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA	Existirán altos incentivos para la agricultura familiar campesina mediante obras de acumulación y riego tecnificado
	Existirá un modelo cooperativo en la industrialización y comercialización agrícola, en base a modelos existentes en la zona
	Parte de los tributos regionales serán reinvertidos en la Región, siendo orientados a la productividad agrícola
GESTIÓN DE OUA	Las comunidades de aguas de la cuenca se encontrarán empoderadas y fortalecidas en cuanto a su gestión (todos los usuarios tendrán sus DAA regularizados y saneados), lo que se logrará mediante la implementación de planes quinquenales de la CNR
	La DGA entregará a las OUA de forma definitiva los DAA no consuntivos para que éstas puedan emprender proyectos de hidrogeneración, logrando con esto financiamiento de manera importante para las propias organizaciones
I+D+i	Se utilizará de manera intensiva telemetría y automatismo a nivel de bocatoma de canales
	Se dispondrá de nuevas tecnologías piloto de apoyo al riego intra y extra predial

Fuente: CNR-Infraeco 2015

Tabla 8.1-4 Imagen objetivo subterritorio Pupío

Dimensión	Imágenes Objetivo Validadas
INFRAESTRUCTURA DE RIEGO	Los usuarios de aguas contarán con puntos de control y monitoreo de volumen, caudal y calidad del agua
	Existirán obras de captación de aguas subterráneas y de acumulación de aguas lluvias, permitiendo desarrollar las actividades productivas de la comunidad
PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA	En Caimanes se desarrollará actividad agrícola tradicional favoreciendo la Agricultura Familiar Campesina
GESTIÓN DE OUA	En Caimanes existirán organizaciones activas y fortalecidas para llevar la gestión del recurso hídrico
	Los usuarios contarán con sus derechos de aprovechamiento de aguas regularizados y debidamente inscritos, explotando el recurso hídrico desde distintas fuentes
I+D+i	Existirán estudios hidrogeológicos que otorguen seguridad para llevar a cabo inversiones sustentables relacionadas con el recurso hídrico

Fuente: CNR-Infraeco 2015

Tabla 8.1-5 Imagen objetivo subterritorio Pupío

Dimensión	Imágenes Objetivo Corregidas
INFRAESTRUCTURA DE RIEGO	Existirá transparencia y oportunidad de información de monitoreo por medio de sistemas de control y medición de caudales para todos los usuarios de la cuenca
PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA	Las organizaciones de usuarios contarán con un diagnóstico que permita priorizar inversiones en obras de riego intra y extra predial
GESTIÓN DE OUA	Las organizaciones de usuarios dispondrán de herramientas de gestión y administración que optimicen el uso del recurso hídrico
	Existirá una instancia público-privada (OUA) comprometida con el seguimiento del Plan de Gestión de Riego
I+D+i	Se dispondrá de herramientas que cuantifiquen la disponibilidad del recurso hídrico, facilitando la toma de decisiones de distribución de las aguas
	Se dispondrá de nuevas tecnologías piloto en apoyo al riego intrapredial

Fuente: CNR-Infraeco 2015

En el estudio del Plan Maestro (2013) los objetivos del Plan se levantaron en base a un exhaustivo diagnóstico, que para cada cuenca de la Región de Coquimbo abarcó los ejes de disponibilidad de agua, calidad, infraestructura, eventos extremos, medio ambiente e institucionalidad.

8.2 DEFINICIÓN DE RESULTADOS ESPERADOS

Los resultados esperados se entienden como los logros deseados a corto y mediano plazo, para acercarse a los objetivos estratégicos.

En el presente estudio, el levantamiento o generación de objetivos esperados, se trabajó a partir de la realización de talleres, donde participaron las instancias productivas, las organizaciones de usuarios, las instancias reguladoras, las instancias gubernamentales cuyos presupuestos están destinados a fortalecer el sector productivo, las instancias de protección del medio ambiente, las organizaciones sociales incumbentes y representativas, y otros actores incumbentes de la cuenca.

El primer taller tuvo por finalidad recoger las percepciones de los diversos actores respecto a la necesidad y beneficios que se esperan de la implementación de la GIRH en la Cuenca de Choapa. Los partícipes respondieron la pregunta ¿para qué quieren una GIRH? Ello responde a una metodología Bootom up, descrita en Sabatier, 1986. En este taller, se declararon falencias intra o interinstitucionales, se realzaron aspectos no resueltos o francamente molestos, se mostraron iniciativas de avance en GIRH ya aplicadas, y finalmente se hicieron proposiciones para un Plan GIRH, cada actor desde su particular área de acción.

Los objetivos recogidos y consensuados en los plenarios, se agruparon y sistematizaron en cinco ejes o metas, que fueron priorizadas por los partícipes. Estas metas fueron las siguientes, con los votos que les fueron asignados:

a) Una Gobernanza e Institucionalidad para la GIRH (25)
b) Una población informada y educada en relación con los recursos hídricos, con transparencia de la información diponible, para minimizar conflictos (22)
c) Un Plan GIRH (16)

d) Disponibilidad de recurso hídrico con la cantidad, calidad y oportunidad necesaria para el suministro de agua potable, las actividades productivas agrícolas y mineras y la protección contra eventos extremos (12)
e) Disponibilidad de recurso hídrico con la cantidad y calidad necesaria para la conservación y protección del medio ambiente (12)

De lo anterior se evidencia que los participantes perciben que persisten deficiencias institucionales (públicas y privadas) a nivel de la Cuenca del Choapa, y que siguen existiendo vacíos en las funciones requeridas para una GIRH tales como:

1. Gobernabilidad respecto al recurso hídrico. Con este fin, visualizan la GIRH como un instrumento para:

   - Lograr una institución no política
   - Lograr la participación de todos los actores relevantes
   - Mejorar la coordinación institucional
   - Generar espacios de dialogo y
   - Construir confianzas entre empresas-sociedad-estado.

2. Información cuantitativa y transparente respecto a los recursos hídricos (disponibilidad y calidad), usos, derechos de aprovechamientos otorgados y a que sectores, entre otros. Con el fin de avanzar en cerrar las brechas de información, se requiere:

   - Recopilar, sistematizar, y manejar información sobre los recursos hídricos, procesarla e identificar problemas que impiden o limitan una mejor toma de decisiones
   - Comunicar las brechas informacionales a las instituciones públicas, privadas, académicas y de investigación con el fin que estas brechas se cierren
   - Comunicar y difundir información del estado de los recursos hídricos (disponibilidad y calidad) y otras relacionadas a este para mejorar la toma de decisiones.

3. Educación, conocimiento y competencias respecto a los recursos hídricos. Para avanzar en mejorar estas brechas, los asistentes propusieron que se debe:

   - Identificar las necesidades de educación, capacitación y construcción de competencias de manera que los actores puedan ejercer de forma efectiva su participación en la GIRH
   - Informar a las instituciones educativas de la región las necesidades de capacitar de manera de elevar las competencias de los actores y
   - Realizar las acciones requeridas para crear una "cultura del agua" en la población y usuarios del agua en la Cuenca del Choapa.

4. Planificación: En este aspecto, los participantes expresaron que desean una GIRH para:

   - Definir prioridades de uso del agua tales como consumo humano, productivo y ambiental
   - Definir metas respecto a la visión de la cuenca del Choapa.

De las metas señaladas anteriormente, las de Gobernanza y Plan GIRH representan los medios para alcanzar los fines.

Las metas restantes, entendidas como fines, se reordenaron de acuerdo con las siguientes dimensiones explícitas, definidas por el Banco Mundial, para el logro de la seguridad hídrica. Se entiende el término "dimensión" como una declaración amplia de visión o meta, de largo plazo. En este reordenamiento, cada dimensión hereda la prioriridad originalmente asignada por los partícipes.

- Agua potable y saneamiento (3)
- Seguridad hídrica económica agrícola y minera (4)
- Calidad, conservación y preservación del recurso hídrico en la fuente (5)
- Eventos extremos: inundaciones y sequías (2)
- Paz social (1)

La Dimensión 1 tiene como objetivo alcanzar una cobertura universal de agua y saneamiento para los hogares urbanos y rurales de la cuenca. Esta requiere de estrategias para mejorar los servicios de agua y saneamiento urbana y rural, el cual se asocia directamente con las metas de Desarrollo Sostenible (SDG) 6.1, lograr el acceso universal y equitativo a agua potable, y 6.2, lograr el acceso universal a saneamiento mejorado.

La Dimensión 2 busca una gestión sustentable del agua para sostener el desarrollo económico en la producción de alimentos y minería. La meta de lograr un desarrollo económico de la producción de alimentos se relaciona directamente con la SDG 2 de lograr la seguridad alimentaria, nutrición mejorada y promover la agricultura sustentable.

La Dimensión 3 plantea el objetivo de gestionar los RRHH de la cuenca para sostener los servicios de los ecosistemas. Algunos de los temas prioritarios de esta dimensión señalados por los actores en el primer taller son calidad de aguas, sustentabilidad ecosistémica de la cuenca, y sana convivencia entre sectores productivo, social, seres vivos (ecosistema).

La Dimensión 4 tiene como meta lograr un nivel aceptable de riesgos para la población, el medio ambiente y la economía, asociado a los eventos extremos, mejorando la capacidad de la sociedad para hacer frente y recuperarse de los impactos de los desastres relacionados con el agua.

La Dimensión 5 busca mejorar la gobernabilidad política y social en torno al RRHH previniendo y reduciendo la presencia de conflictos por el uso del agua al interior de los sectores y entre los sectores. Esta dimensión tiene directa relación con la meta de desarrollo sostenible que busca promover la paz social de las sociedades.

Estas dimensiones permiten focalizar las acciones del Plan que se propone en las áreas que presentan mayores rezagos, y facilitar la evaluación del impacto de las estrategias de acción propuestas para avanzar en el logro de estas dimensiones.

El segundo taller se dedicó fundamentalmente a consensuar un diagnóstico acerca de la cuenca. El consultor presentó un diagnóstico cuantitativo, de calidad de aguas y de gobernanza. Los partícipes aportaron todos los problemas y deficiencias que les

surgieron a partir de las presentaciones del consultor, los que se agregaron como resultados esperados del Plan, dentro de las dimensiones definidas, cuando correspondía.

Una propuesta completa con los objetivos del Plan, expresados como resultados esperados, se presentó en el quinto taller, donde los participantes pudieron discutir y enriquecer los planteamientos del consultor, haciendo los aportes que estimaron convenientes, los cuales fueron incorporados, formalizados y presentados de nuevo en el sexto taller.

En el último taller, a partir de todo el trabajo realizado, se elaboró una declaración de imagen objetivo para al cuenca, que fue la siguiente:

"El Plan GIRH Choapa trasciende los gobiernos, perdura en el tiempo, es sustentable y responsable con las futuras generaciones, construye confianza entre los partícipes, entrega herramientas y productos para continuar en el camino de la GIRH y permite tomar decisiones en base al uso racional del agua para la vida, la producción y el medio ambiente."

Finalmente, el Plan fue revisado exhaustivamente por el consultor, para distinguir entre aquellas medidas que fueron levantadas en este trabajo, de aquellas que ya lo fueron en estudios anteriores y que pertenecen a otros planes, los cuales solamente requieren una labor de supervisión y seguimiento por parte de la gobernanza GIRH. Se estimaron los costos para las medidas levantadas en el presente plan. Cuando se trata de medidas levantadas en otro plan, sólo se propone hacer seguimiento, y el costo del seguimiento debiera asumirlo la Secretaría Ejecutiva.

De este modo, el Plan propuesto se basa en los aspectos que inquietan a los partícipes y que ellos anhelan, matizados en base al diagnóstico del consultor.

Para cada resultado esperado se desarrolló el Plan completo, según se explica en los acápites siguientes.

8.3 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS ESTRATÉGICOS

Los objetivos estratégicos se definieron a partir de los resultados esperados. Se trata de conceptos englobadores, que agrupan varios resultados esperados, y que de esa manera permiten ilustrar y describir mejor la dimensión a la cual pertenecen. Su aporte es sólo conceptual, porque el Plan se trabaja a partir de los resultados esperados.

8.4 VINCULACIÓN CON OTROS PLANES

Para contextualizar todos los objetivos levantados en el Plan, se identificaron iniciativas de otros planes existentes en la cuenca. Para cada resultado esperado, se ha señalado con qué otros planes se vincula. Hay varios planes que abarcan o se hacen cargo de algunos de los temas levantados en el presente estudio, así como de su abordaje y seguimiento, los cuales hay que tener en vista para coordinar, hacer seguimiento y evitar duplicidades con el Plan GIRH. Por esta razón, el Plan GIRH debe complementarse y coordinarse con ellos. Los Planes se detallan en el Capítulo 5.13. Con el fin de facilitar la coordinación, se ha agregado en el Plan GIRH esta columna, la cual busca dar a conocer el contexto en el cual se desarrollará cada medida.

8.5 PRIORIZACIÓN DE LOS RESULTADOS ESPERADOS

8.5.1 Metodologías de priorización

Existen diversas metodologías, más o menos formales, de priorización. Todas se basan en los criterios que el analista estima que son los más importantes que un determinado proyecto debe cumplir.

a) Criterios objetivos

Son los criterios que se aplican basados en información existente.

Dirplan (Dirplan, 2000) aplica, para la priorización de sus proyectos, una metodología que considera los resultados de rentabilidad de la evaluación económica (también llamada producto, o productividad), el parámetro de generación de empleo, y la presión por recibir el proyecto, expresado como un balance entre oferta y demanda.

Cuando los proyectos tienen aún poca información cuantitativa, los parámetros se estiman en base a un juicio de experto, y se ingresan en dos árboles de decisión:

- En el caso del primer árbol, la función objetivo corresponde al aporte del proyecto a la producción y al empleo, de acuerdo al impacto de cada proyecto en los distintos sectores económicos.
- El segundo árbol de decisión da cuenta del balance entre demanda por infraestructura y oferta de ella, a nivel territorial (por ejemplo, por comuna), para cada tipo de infraestructura (vialidad, riego, puertos, areopuertos, etc.).

Finalmente, los resultados de la priorización de los dos árboles deben ser combinados en forma simple para lo cual existen distintas metodologías.

Una tercera metodología de priorización es similar a la anterior, y se basa también en juicios comparativos fundados en la información disponible. En este caso habría tres árboles de decisión independientes con diferentes funciones objetivo, a saber: Aumentar Producto, Aumentar Empleo y Contribuir al Balance Oferta Demanda.

En cada caso, se arma una escala de ponderación al criterio del experto, dentro de la cual se pondera cada proyecto.

b) Criterios subjetivos

DIRPLAN (2000) señala que no todos los proyectos persiguen objetivos productivos y de empleo. Muchos de ellos apuntan esencialmente a objetivos sociales (como los APR), ambientales, territoriales, de conocimiento (como los de la DGA, capacitación, educación), y otros tienen mayor connotación estratégica. En estos casos, es necesario encontrar otro tipo de criterio para su priorización.

Entre los métodos más usuales de priorización subjetiva, se encuentran los de planificación participativa ciudadana, y los de criterio de experto.

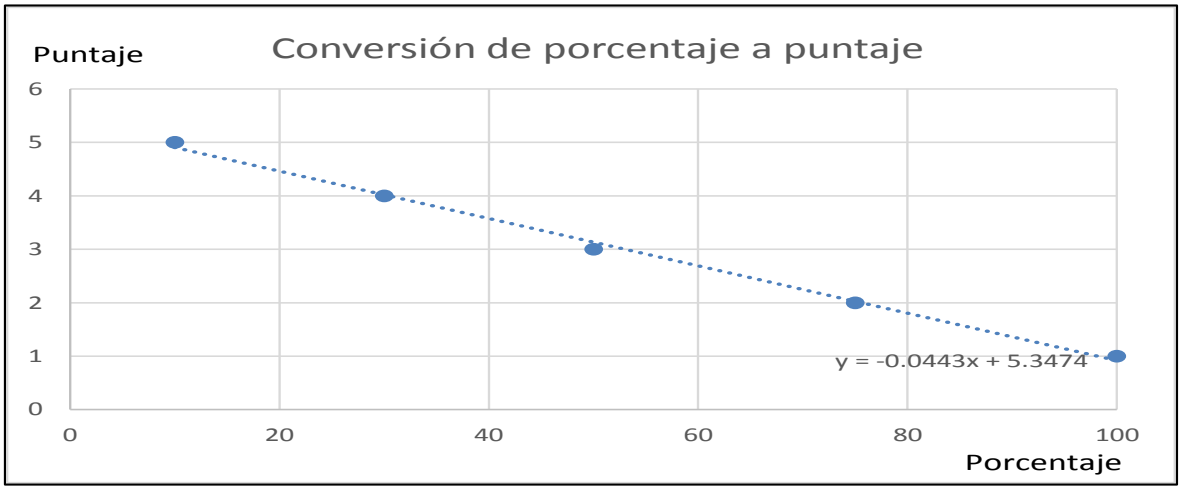
8.5.2 Priorización por resultado esperado

Para la priorización de los resultados esperados, se aplicó la metodología de planificación participativa bottom up. Esta metodología se aplicó en los talleres 1 y 2. Se priorizaron de esta forma las cinco dimensiones del Plan, antes señaladas, y los problemas levantados en el diagnóstico, que dieron lugar a la formulación de los resultados esperados.

Dentro de cada dimensión, cuando el problema no estaba priorizado por los partícipes, se aplicó el criterio del consultor para priorizarlo, que corresponde al criterio de experto. Además, se aplicó una priorización con criterio de experto, por parte del consultor.

Los puntajes asignados van de 1 a 5, siendo el 1 la prioridad mayor, y el 5 la prioridad menor. Los puntajes se transformaron el porcentajes, de acuerdo con la función de la Figura 8.5-1.

Figura 8.5-1 Función de conversión de puntaje a porcentaje y viceversa



La priorización consideró la participación ciudadana como el producto del porcentaje asignado a la dimensión y el porcentaje asignado al resultado, ponderado con un 50%, y el porcentaje asignado por el consultor, ponderado con un 50%. De esta forma, se obtiene un puntaje final, en base al cual se priorizan los resultados esperados, en tres categorías: Alta (A) cuando el puntaje final se encuentra entre 1 y 2, Media (M) cuando el puntaje final se encuentra entre 2 y 3, y Baja (B) cuando el puntaje final es mayor que 3. En la Tabla 8.5-1 se muestran los resultados esperados, ordenados según su dimensión y objetivo estratégico, junto con el resultado de la priorización. Los resultados de priorización señalados en rojo, no responden estrictamente a la metodología de priorización aplicada, sino que han sido reevaluadas por el consultor, a la luz de los resultados de los talleres.

Tabla 8.5-1 Resultados esperados priorizados

Dimensión	Objetivos Estratégicos PGIRH	Código	Resultados esperados u objetivos específicos	Criterios de priorización								Prioridad
				PAC Dimensión	%	PAC Resultados	%	Consultor Resultados	%	% ponderado	Puntaje Final	
Condición requerida	Gobernanza	C1	Implementación de la Corporación de Cuenca del Choapa	1	100	1	100	1	100	100	1.0	A
		C2	Estudio levantamiento de la línea base de indicadores de resultado y de impacto	1	100	1	100	1	100	100	1.0	A
		C3	Implementación Plan GIRH	1	100	1	100	1	100	100	1.0	A
Agua Potable y Saneamiento	AP Urbana sin problemas de abastecimiento, calidad o continuidad	AP1	Aseguramiento de agua potable para Illapel, Canela Alta y Canela Baja en épocas de sequía	3	50	1	100	5	10	30	4.0	B
	AP Rural sin problemas de abastecimiento, calidad o continuidad	AP2	Aseguramiento de agua potable en localidades rurales (sequía e infraestructura obsoleta)	3	50	1	100	1	100	75	2.0	A
		AP3	Identificación de potenciales contaminantes en el agua cruda APR Choapa	3	50	3	50	3	50	37.5	3.7	B
	AP Rural con Saneamiento razonable	AP4	Identificación APR con falta y necesidad de saneamiento descentralizado o mixto	3	50	3	50	5	10	17.5	4.5	B
Seguridad Hídrica Económica Agrícola y Minera	Seguridad hídrica económica agrícola	SH1	Capacitación de dirigentes, celadores, operarios	4	30	2	75	1	100	61.25	2.6	M
		SH2	Capacitación en técnicas para uso eficiente del agua	4	30	2	75	1	100	61.25	2.6	M
		SH3	Uso de herramientas tecnológicas (modelo integrado superficial-subterráneo) de apoyo a la planificación	4	30	2	75	1	100	61.25	2.6	M
		SH4	Evaluación técnica y socioeconómica del embalse Canelillo, de modo que maximice el bienestar social de Choapa Bajo.	4	30	2	75	1	100	61.25	2.6	M

Dimensión	Objetivos Estratégicos PGIRH	Código	Resultados esperados u objetivos específicos	Criterios de priorización								Prioridad
				PAC Dimensión	%	PAC Resultados	%	Consultor Resultados	%	% ponderado	Puntaje Final	
		SH5	Actualización del catastro de usuarios / DDAA con y sin saneamiento. Resultado de múltiples saneamientos.	4	30	4	30	5	10	9.5	4.9	B
		SH6	Catastro del estado de los canales aún no evaluados	4	30	2	75	1	100	61.25	2.6	M
		SH7	Aumento de recursos CNR adjudicados a proyectos de mejoramiento de canales CNR ley 18450	4	30	1	100	2	75	52.5	3.0	M
		SH8	Aumento de recursos CNR adjudicados a automatización de compuertas y telemetría CNR ley 18450	4	30	1	100	2	75	52.5	3.0	M
		SH9	Aumento de recursos CNR adjudicados a proyectos de tecnificación del riego CNR ley 18450	4	30	1	100	1	100	65	2.5	M
		SH10	Evaluación técnica y socioeconómica del Embalse de Cabecera							0		realizada en el presente estudio
		SH11	Registro de caudales en determinados puntos de control, como Cuncumén	4	30	1	100	1	100	65	2.5	M
Calidad, conservación y preservación del recurso hídrico en la fuente	Conservación y sustentabilidad del recurso hídrico	MA1	Crear conciencia del valor ambiental del agua por parte de la ciudadanía.	5	10	1	100	1	100	55	2.9	M
	Aseguramiento de la calidad del agua	MA2	Normas de Calidad Secundaria del agua, definidas e implementadas para la cuenca del Choapa	5	10	5	10	5	10	5.5	5.1	B
		MA3	Catastro, seguimiento, recopilación y difusión puntos críticos de eventos de contaminación minera	5	10	1	100	1	100	55	2.9	A

Dimensión	Objetivos Estratégicos PGIRH	Código	Resultados esperados u objetivos específicos	Criterios de priorización								Prioridad
				PAC Dimensión	%	PAC Resultados	%	Consultor Resultados	%	% ponderado	Puntaje Final	
		MA4	Estudio diseño red de alerta para minimizar daños por eventos de contaminación	5	10	1	100	1	100	55	2.9	M
			Estudio desarrollo plan de contingencia ante eventos de contaminación minera	5	10	1	100	1	100	55	2.9	A
		MA5	Catastro, seguimiento, recopilación y difusión puntos críticos de contaminación bacteriológica	5	10	1	100	1	100	55	2.9	M
	Control cauce	MA6	Ordenamiento en la actividad de extracción de áridos.	5	10	4	30	4	30	16.5	4.6	B
	Conservación ecosistemas acuáticos	MA7	Estudio para la definición de sectores y medidas de protección ambiental	5	10	5	10	3	50	25.5	4.2	B
Eventos extremos	Evitar riesgos y minimizar daños de crecidas e inundaciones	EE1	Generación de planes educacionales para evitar riesgos de inundación.	2	75	3	50	2	75	56.25	2.9	M
		EE2	Implementación de planes educacionales para evitar riesgos de inundación	2	75	3	50	2	75	56.25	2.9	M
		EE3	Recopilación de estudios e investigación sobre crecidas, áreas de riesgo, daños esperados, cambio de probabilidades con cambio climático, y difusión de su contenido	2	75	2	75	2	75	65.63	2.4	M
			Desarrollo de sistema de alerta temprana de crecidas	2	75	2	75	1	100	78.13	1.9	A
	Disminuir la vulnerabilidad, y controlar el daño por sequías	EE4	Generación de planes educacionales para minimizar consecuencias de la sequía	2	75	3	50	2	75	56.25	2.9	M
		EE5	Implementación de planes educacionales para minimizar consecuencias de sequías	2	75	3	50	2	75	56.25	2.9	M

Dimensión	Objetivos Estratégicos PGIRH	Código	Resultados esperados u objetivos específicos	Criterios de priorización								Prioridad
				PAC Dimensión	%	PAC Resultados	%	Consultor Resultados	%	% ponderado	Puntaje Final	
		EE6	Recopilación de estudios e investigación sobre sequías, daños esperados, cambio de probabilidades con cambio climático, y difusión de su contenido	2	75	3	50	3	50	43.75	3.4	M
		EE7	Elaboración e implementación estrategia de gestión de aguas subterráneas en años normales y de sequía	2	75	2	75	1	100	78.13	1.9	A
Paz Social	Información, conocimiento y cultura del agua	PA1	Generación de módulos de educación hídrica para nivel escolar	1	100	2	75	3	50	62.5	2.6	M
		PA2	Incorporación de módulos de educación hídrica en el sistema de educación formal.	1	100	2	75	3	50	62.5	2.6	M
		PA3	Recopilación de información de oferta (estadísticas DGA), demanda (requerimientos hídricos de cultivos) y derechos de aprovechamiento.Difusión del conocimiento.	1	100	1	100	1	100	100	1.0	A
	Gobernabilidad	PA4	Cumplimiento del Acuerdo de Salamanca	1	100	1	100	1	100	100	1.0	A

Por ejemplo, producto de la prolongada sequía, y teniendo en cuenta que los partícipes constituyen en gran medida población rural, uno de los aspectos de prioridad alta que surgió en los talleres, es asegurar el suministro del agua potable rural, objetivo que la gobernanza puede impulsar, mientras que uno de los aspectos más relegados es la necesidad de una Norma Secundaria de Calidad.

Estas prioridades pueden ser reevaluadas por la gobernanza una vez que entre en funciones, pero sirve como guía para la orientación de esfuerzos.

8.6 DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS DE ACCIÓN

Una estrategia de acción es el conjunto de actividades y acciones que se van a desarrollar para concretar una determinada iniciativa. Se refiere al cómo. Es menos específica que un plan de acción (que responde a quién, qué y cuándo); en lugar de eso, trata de contestar, de manera general, a la pregunta "¿Cómo llegaremos ahí desde aquí?"

Una buena estrategia toma en cuenta las barreras y recursos que existen (gente, dinero, poder, materiales, etc.). También considera la visión general, misión y objetivos de la iniciativa. A menudo, una iniciativa utilizará muchas estrategias distintas – proporcionando información, incrementando el apoyo, removiendo barreras, previendo recursos, etc.- para conseguir sus metas.

Las estrategias sugieren la trayectoria a seguir en el camino al éxito. Esto es, las estrategias ayudan a determinar cómo se van a lograr los objetivos, a través del difícil mundo de la acción.

Los criterios para desarrollar una buena estrategia son los siguientes:

- Dar una dirección general, o trayectoria general, sin dictar una dirección en particular.
- Ajustarse a los recursos y oportunidades actuales, existentes y disponibles.
- Minimizar la resistencia y las barreras.
- No ofrecer flancos de ataque a los oponentes. Las buenas estrategias atraen aliados y convencen a los oponentes.
- Alcanzar a los afectados y hacerlos beneficiarios. La estrategia debe lograr que la intervención se conecte con los pretendidos beneficiarios.
- Hacer progresar la misión. Todas las estrategias en conjunto deben lograr acercar la situación hacia la visión, es decir, deben ser suficientes como para hacer una diferencia, la cual debe reflejarse en los indicadores.

Las estrategias de acción definidas para el logro de los resultados esperados se presentan en el cuadro del Plan GIRH del anexo Capítulo 8 (impreso).

8.7 RESPONSABLES DE LOS RESULTADOS ESPERADOS

De la misma manera en que se ha operado en los Planes Directores y Planes Maestros de Recursos Hídricos de la DGA, las acciones identificadas como relevantes se adjudican a una entidad responsable. La finalidad de esto es lograr coordinar las necesidades de la cuenca, expresadas en el Plan GIRH, con la programación de fondos de mediano y largo plazo de las entidades públicas, privadas o internacionales, de modo que puedan incorporar en su proyección a futuro, las acciones consensuadas con la gobernanza, y direccionar los fondos en pos del logro de los objetivos colectivamente establecidos y validados en la cuenca, dentro del marco de una GIRH.

8.8 ESTIMACIÓN DE COSTOS

A continuación se presentan los criterios que se usaron de base para la estimación de los costos de las acciones contenidas en el Plan GIRHJ propuesto.

Dentro del Plan hay dos tipos de actividades: las que están incluidas en el presupuesto de operación de la Secretaría Ejecutiva, y las que requieren financiamiento a partir de las instituciones propuestas para dicho fin.

Las actividades incluidas en el presupuesto de la Secretaría Ejecutiva conforman las tareas permanentes de esta Secretaría. Entre ellas, se encuentran:

- El seguimiento, junto con la empresa sanitaria, de los Planes de Desarrollo de la empresa sanitaria
- El seguimiento junto con la DGA, del control de caudales en puntos críticos como Cuncumén
- La organización de las actividades de difusión del conocimiento
- El aprendizaje y uso del modelo de operación WEAP
- La evaluación del embalse Canelillo con el modelo WEAP
- El seguimiento del procedimiento administrativo para la creación de la Norma Secundaria
- El registro de puntos críticos de contaminación minera, a partir de todos los estudios, programas y mediciones que existen al respecto
- El registro de puntos de contaminación bacteriológica, a partir de todos los estudios, programas y mediciones que existen al respecto
- Las gestiones ante la municipalidad para la creación / aplicación de una ordenanza de control de extracción de áridos
- Registro de puntos críticos ante inundaciones, a partir de información existente, y su difusión
- Registro de temas críticos en sequía, a partir de información existente, y su difusión
- Difusión de datos de oferta, demanda y derechos de agua, con apoyo en la DGA, página web y modelo WEAP.
- Gestiones con el Ministerio de Educación

Por otro lado, están todas las demás actividades del Plan, que se encuentran asignadas a alguna/s entidad/es responsable/s, la/s cual/es también aporta/n el financiamiento.

La estimación de costos de tales actividades se realizó en base a los siguientes criterios:

- Montos estimados en estudios anteriores
- Montos estimadas a partir de horas de profesional usuales a la fecha
- Montos de estudios anteriores, similares a los solicitados

Mayores detalles respecto de la estimación de costos se pueden consultar en el Anexo Capítulo 8.8.

El plan y sus costos estimados se pueden apreciar en la Tabla 8.8-1 adjunta. El costo total del Plan resulta de $ 3.155.450.000, sin incluir el embalse de cabecera, cuyo costo se estima en $ 57.144.000.000. Como se ha señalado antes, los costos de las actividades PSE están incluidos en el presupuesto de operación de la Secretaría Ejecutiva (PSE).

Tabla 8.8-1 Plan GIRH y sus costos

Dimensión	Objetivos Estratégicos PGIRH	Código	Resultados esperados u objetivos específicos	Prioridad	Costo estimado ($)
Condición requerida	Gobernanza	C1	Implementación de la Corporación de Cuenca del Choapa	A	145,000,000 el año 1, después 115,000,000/año
		C2	Estudio levantamiento de la línea base de indicadores de resultado y de impacto	A	
		C3	Implementación Plan GIRH	A	
Agua Potable y Saneamiento	AP Urbana sin problemas de abastecimiento, calidad o continuidad	AP1	Aseguramiento de agua potable para Illapel, Canela Alta y Canela Baja en épocas de sequía	B	PSE
	AP Rural sin problemas de abastecimiento, calidad o continuidad	AP2	Aseguramiento de agua potable en localidades rurales (sequía e infraestructura obsoleta)	A	510,000,000
		AP3	Identificación de potenciales contaminantes en el agua cruda APR Choapa	B	450,000
	AP Rural con Saneamiento razonable	AP4	Identificación APR con falta y necesidad de saneamiento descentralizado o mixto	B	200,000,000
Seguridad Hídrica Económica Agrícola y Minera	Seguridad hídrica económica agrícola	SH1	Capacitación de dirigentes, celadores, operarios	M	75,000,000
		SH2	Capacitación en técnicas para uso eficiente del agua	M	35,000,000
		SH3	Uso de herramientas tecnológicas (modelo integrado superficial-subterráneo) de apoyo a la planificación	M	PSE
		SH4	Evaluación técnica y socioeconómica del embalse Canelillo, de modo que maximice el bienestar social de Choapa Bajo.	M	PSE
		SH5	Actualización del catastro de usuarios / DDAA con y sin saneamiento. Resultado de múltiples saneamientos.	B	150,000,000
		SH6	Catastro del estado de los canales aún no evaluados	M	300,000,000
		SH7	Aumento de recursos CNR adjudicados a proyectos de mejoramiento de canales CNR ley 18450	M	35,000,000
		SH8	Aumento de recursos CNR adjudicados a automatización de compuertas y telemetría CNR ley 18450	M	35,000,000
		SH9	Aumento de recursos CNR adjudicados a proyectos de tecnificación del riego CNR ley 18450	M	35,000,000
		SH10	Evaluación técnica y socioeconómica del Embalse de Cabecera	realizada en el presente estudio	
		SH11	Registro de caudales en determinados puntos de control, como Cuncumén	M	PSE

Dimensión	Objetivos Estratégicos PGIRH	Código	Resultados esperados u objetivos específicos	Prioridad	Costo estimado ($)
Calidad, conservación y preservación del recurso hídrico en la fuente	Conservación y sustentabilidad del recurso hídrico	MA1	Crear conciencia del valor ambiental del agua por parte de la ciudadanía.	M	100,000,000
	Aseguramiento de la calidad del agua	MA2	Normas de Calidad Secundaria del agua, definidas e implementadas para la cuenca del Choapa	B	100,000,000
		MA3	Catastro, seguimiento, recopilación y difusión puntos críticos de eventos de contaminación minera	A	PSE
		MA4	Estudio diseño red de alerta para minimizar daños por eventos de contaminación	M	200,000,000
			Estudio desarrollo plan de contingencia ante eventos de contaminación minera	A	100,000,000
		MA5	Catastro, seguimiento, recopilación y difusión puntos críticos de contaminación bacteriológica	M	PSE
	Control cauce	MA6	Ordenamiento en la actividad de extracción de áridos.	B	PSE
	Conservación ecosistemas acuáticos	MA7	Estudio para la definición de sectores y medidas de protección ambiental	B	200,000,000
Eventos extremos	Evitar riesgos y minimizar daños de crecidas e inundaciones	EE1	Generación de planes educacionales para evitar riesgos de inundación.	M	80,000,000
		EE2	Implementación de planes educacionales para evitar riesgos de inundación	M	
		EE3	Recopilación de estudios e investigación sobre crecidas, áreas de riesgo, daños esperados, cambio de probabilidades con cambio climático, y difusión de su contenido	M	PSE
			Desarrollo de sistema de alerta temprana de crecidas	A	200,000,000
	Disminuir la vulnerabilidad, y controlar el daño por sequías	EE4	Generación de planes educacionales para minimizar consecuencias de la sequía	M	500,000,000
		EE5	Implementación de planes educacionales para minimizar consecuencias de sequías	M	
		EE6	Recopilación de estudios e investigación sobre sequías, daños esperados, cambio de probabilidades con cambio climático, y difusión de su contenido	M	PSE
		EE7	Elaboración e implementación estrategia de gestión de aguas subterráneas en años normales y de sequía	A	200,000,000
Paz Social	Información, conocimiento y cultura del agua	PA1	Generación de módulos de educación hídrica para nivel escolar	M	100,000,000
		PA2	Incorporación de módulos de educación hídrica en el sistema de educación formal.	M	
		PA3	Recopilación de información de oferta (estadísticas DGA), demanda (requerimientos hídricos de cultivos) y derechos de aprovechamiento.Difusión del conocimiento.	A	PSE
	Gobernabilidad	PA4	Cumplimiento del Acuerdo de Salamanca	A	PSE

Dimensión	Objetivos Estratégicos PGIRH	Código	Resultados esperados u objetivos específicos	Prioridad	Costo estimado ($)
Costo Gobernanza					145,000,000 el año 1, después 115,000,000/año
Costo Plan					3,155,450,000

8.9 MODALIDADES DE FINANCIACIÓN

8.9.1 Visión general

En primera instancia se concibe la entidad GIRH financiada por sus socios, de los cuales uno es el Gobierno Regional, el cual incluso ha ofrecido fondos para esta iniciativa. Los fondos que aportarán los socios estarán destinados a cubrir el funcionamiento de la Secretaría Ejecutiva, integrada por 4 personas, de los cuales 3 serán profesionales y uno administrativo. Inlcuidos los gastos de oficina, se estima que se requieren 110 a 120 millones de pesos anuales para este fin, salvo el primer año, para el que se requeriría 145 millones de pesos.

En segunda instancia, el levantamiento de fondos para las acciones identificadas como objetivos del Plan, provendrá de reorientar o encauzar más adecuadamente las fuentes de financiamiento existentes por parte de las diversas instituciones públicas, que existen en gran cantidad. Se pondrá en movimiento una GIRH inicialmente sin levantar nuevos recursos, sino que armonizando los recursos propios de todas las instituciones incumbentes. Además hay que destacar que la sinergia que se producirá por el solo hecho de trabajar de manera organizada, supone una eficiencia que será considerablemente mayor al estado actual, con el consecuente beneficio económico y social para todos. De esta forma, se podrá dar inicio a una primera fase, que permita instalar las confianzas entre los distintos miembros, y poner en común, de manera transparente, la información disponible.

Las instituciones y las herramientas que aportan financiamiento con distintos propósitos para el recurso hídrico, como infraestructura e inversiones en general, mejoramiento de la eficiencia en la gestión del agua, fomento productivo, entre las principales, son mencionadas en la columna correspondiente, en el Plan GIRH del Anexo 8. Esta propuesta de modalidad de financiamiento podrá ser revisada. Sin embargo, se ha realizado evitando tener que generar recursos nuevos, en base a nuevas cargas pecuniarias a los socios, y partiendo por lo más obvio, que es, redireccionar, con la mirada de una GIRH, todos los recursos que hoy se invierten en iniciativas parciales, sectoriales, personalizadas, desconocidas por el colectivo y por lo tanto, no siempre armónicas dentro de una mirada global.

En tercer lugar, como lo sugiere el Instituto de Ingenieros (2012), podrían reasignarse a la GIRH parte de los fondos recaudados con patentes por no uso o multas asociadas a la legislación de agua y medio ambiente.

En cuarto lugar, se podrán suscribir convenios con entidades privadas y públicas, para fines específicos que la gobernanza podrá ofrecer.

En quinto lugar, se podrá optar a fondos concursables, postulando en conjunto con otras entidades, en especial las que participan en la gobernanza.

En sexto lugar, se podrá optar a fondos provenientes de préstamos internacionales (BID, Banco Mundial, otros), obtenidos a través de organizamos públicos (DGA, MOP, MINAGRI, otros), que se acuerde administrar a través de la Corporación.

Finalmente, se podrían recibir donaciones privadas de empresas, fundaciones u otras.

También, y como parte de la instalación de la GIRH, se irá desprendiendo la necesidad real de generar nuevos recursos, y, con ello, la forma de hacerlo, para que la nueva gobernanza opere en forma efectiva y pueda perdurar en el tiempo.

8.9.2 Instituciones de financiamiento

A continuación se detallan todas las posibles instituciones de financiamiento de obras y acciones, tanto desde las instituciones públicas y privadas de nuestro país, como también internacionales.

8.9.2.1 Instituciones públicas

a) Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)

La DOH, tiene cuatro líneas principales de financiamiento:

- Agua Potable Rural (http://www.doh.gov.cl/APR/AcercadeAPR/Paginas/Historia.aspx)

A partir de 2011 se crea, al alero de la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, la Subdirección de Agua Potable Rural. El Programa de Agua Potable Rural, que nace en Chile en el año 1964, con la adopción del Plan Básico de Saneamiento Rural. En cada localidad donde se proyecta un Sistema de Agua Potable Rural, se constituye una organización comunitaria denominada comité o cooperativa de agua potable rural, entidad con personalidad jurídica propia.

El objetivo del programa es que la población residente en localidades rurales concentradas y semiconcentradas, acceda al servicio de agua potable en cantidad, calidad y continuidad en conformidad a la normativa vigente.

El programa se desarrolla a través de tres componentes: 1) Instalación de infraestructura de agua potable cuya población objetivo son los habitantes de localidades rurales semiconcentradas sin servicio de agua potable, que residen permanentemente en la localidad y que los jefes de hogar dependen económicamente de la actividad agropecuaria o en calidad de trabajadores dependientes de dicha actividad, 2) Ampliación y/o mejoramiento de infraestructura de agua potable, y 3) Supervisión y asesoría a las organizaciones que administran la infraestructura de agua potable.

El 14 de febrero de 2017 fue publicada la ley 20998 y su reglamento, que regula los servicios sanitarios rurales, asimilándolos a los servicios urbanos. Se requerirá una licencia para operarlos, se prestarán las cuatro etapas del servicio: producción, distribución, recolección y tratamiento, se establecerá una tarifa a costo real, el operador podrá ser multado por inclumplimiento, y la atribución de fiscalización le corresponderá a la SISS.

- Obras de drenaje de aguas lluvias (http://www.doh.gov.cl/productosyservicios/tiposproducto/Paginas/default.aspx).

En las décadas de los años 1980 y 1990, progresivamente, en nuestro país muchas ciudades experimentaron una fuerte expansión sin desarrollarse en ellas las inversiones requeridas en el área de aguas lluvias, sufriendo frecuentes inundaciones. La solución se abordó en el año 1997 con la aprobación de la Ley Nº 19.525, "Sobre Regulación de los Sistemas de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias", que encomendó a la DOH la tarea de desarrollar los planes maestros de aguas lluvias para las grandes ciudades.

- Obras de manejo de cauces (http://www.doh.gov.cl/productosyservicios/tiposproducto/Paginas/default.aspx).

La Ley Orgánica del MOP, D.F.L. N°850 del año 1997, señala dentro de las competencias de la DGOP, el "estudio, proyección, construcción y conservación de las obras de defensa de terrenos y poblaciones contra crecidas de corrientes de agua y regularización de las riberas y cauces de los ríos, lagunas y esteros…", facultades actualmente delegadas en la Dirección de Obras Hidráulicas, DOH.

- Obras de riego (http://www.doh.gov.cl/productosyservicios/tiposproducto/Paginas/default.aspx).

Construcción de nuevos embalses y su supervisión; construcción de nuevos canales de regadío y entubamiento; mejoramiento de canales y obras de arte, y la construcción de pozos, entre otros. Es la entidad gubernamental sucesora de la Dirección de Riego y, anterior a ella, de la Inspección General de Regadíos que fue creada hace casi cien años, en 1915, como complemento de la Ley Nº 2953 de agosto de 1914.

b) Comisión Nacional de Riego (CNR)

El principal instrumento de financiamiento que posee la CNR es la Ley 18.450, que fue promulgada en el año 1985 y fue modificada mediante las leyes 18.889, 18.919 19.316, siendo la última modificación la contenida en la Ley 20.401, cuya vigencia comienza a contar 04/12/2009 extendiéndose por un período de 12 años. El año 2016, contempla una inversión que supera los 41.000 millones de pesos.

Los objetivos son incrementar el área de riego disponible, mejorar el abastecimiento de agua en superficies regadas en forma deficitaria, mejorar la calidad y la eficiencia de la aplicación del agua de riego, habilitar suelos agrícolas de mal drenaje y, en general, apoyar toda obra de puesta en riego u otros usos asociados directamente a las obras de riego bonificadas, habilitación y conexión. El propósito es mejorar la productividad

de la agricultura, de modo que los productores eleven sus ingresos y los habitantes del área beneficiada mejoren su nivel y calidad de vida. Esta Ley tiene las siguientes características y criterios:

- La ley otorga una bonificación (subsidio) a proyectos de riego presentados en forma individual cuyo costo no supere las UF12.000; y a proyectos presentados por organizaciones de usuarios que no superen las UF30.000. El monto del subsidio varía según la superficie de riego del postulante:
- En el caso de pequeños productores agrícolas (de acuerdo con la definición de INDAP), el monto puede llegar hasta un máximo de 90% del costo del proyecto.
- En el caso de postulantes con una superficie de riego hasta 40 hectáreas ponderadas, hasta un máximo de 80%.
- En el caso de postulantes con una superficie de riego ponderada superior a 40 hectáreas, hasta un máximo de 70%.

Pueden postular personas y organizaciones que acrediten dominio vigente del predio y cuenten con los derechos de aprovechamiento de aguas legalmente inscritos, incluyendo a:

- personas naturales o jurídicas, propietarias o usufructuarias de un predio agrícola y los poseedores materiales de un predio en proceso de regularización de títulos,
- las organizaciones de usuarios de obras de riego previstas en el Código de Aguas y las comunidades no organizadas en proceso de constitución,
- las organizaciones de regantes: juntas de vigilancia, asociaciones de canalistas, comunidades de aguas, comunidades de tierra, sociedades agrícolas y cooperativas,
- los agricultores pequeños, medianos y grandes,
- los arrendatarios de predios agrícolas cuyos contratos de arrendamiento consten por escritura pública inscrita en el Conservador de Bienes Raíces (con la autorización del propietario),
- quienes hayan celebrado un contrato de arrendamiento con opción de compra o leasing (cursados por determinadas instituciones).

La CNR también ejecuta proyectos para el mejoramiento y modernización de las organizaciones de usuarios del agua. Esta línea financiamiento es muy bien recibida por las OUA, pues les ha permitido mejorar la gestión, las competencias de sus trabajadores, las directivas y la infraestructura tecnológica.

Una tercera línea de financiamiento corresponde a proyectos que en el uso del riego consideren Energías Renovables No Convencionales (ERNC), considerando que uno de los costos más importantes de algunos agricultores es la energía.

Estos fondos de la CNR, muchas veces son complementados con recursos de las regiones, para aumentar las inversiones, así por ejemplo, para la extensa sequía el GORE Región de Coquimbo, dispuso fondos de su FNDR para entregar geomembranas a las distintas OUA de la región, esto por más de 5.000 millones de pesos.

c) Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP)

Pone a disposición de la Agricultura Familiar Campesina una completa Plataforma de Instrumentos, que beneficia a más de 176.000 usuarios, a través de 4.800 profesionales y técnicos involucrados, en relación directa con más de 280 Municipios del país, con una inversión de más de 200 mil millones al año en transferencias y créditos, una estructura de más de 110 agencias de áreas distribuidas en las 15 regiones de Chile y con el trabajo de 1.900 funcionarios comprometidos con la Agricultura Familiar Campesina.

Para acceder a los programas y servicios que INDAP ofrece a la pequeña agricultura es necesario "acreditar", es decir, demostrar que usted es un pequeño/a agricultor/a. Para ello debe cumplir determinados requisitos, los cuales son:

- Explotar una superficie menor o igual a 12 hectáreas de riego básico, cualquiera sea su régimen de tenencia.
- Sus activos no deben superar las 3.500 U.F.
- Sus ingresos deben provenir principalmente de la explotación agrícola.

Los principales instrumentos que pone a disposición de los agricultores son:

- Programa de Desarrollo Local (PRODESAL)

El Programa tiene por finalidad apoyar a los pequeños productores agrícolas y sus familias que desarrollan actividades silvoagropecuarias, en adelante agricultores, para fortalecer sus sistemas productivos y actividades conexas, procurando aumentar sus ingresos y mejorar su calidad de vida.

- Programa de Desarrollo de Inversiones (PDI)

En un instrumento que permite, a los beneficiarios de INDAP, el acceso a incentivos económicos no reembolsables destinados a cofinanciar proyectos de inversión en ámbitos tales como desarrollo agrícola, agroindustrial y pecuario. Los(as) postulantes pueden acceder al programa presentando su proyecto en la agencia de Área y/o Dirección Regional correspondiente y dentro de los plazos del llamado a postulación. A su vez el programa contempla el apoyo para la elaboración del proyecto. El porcentaje no bonificado puede contar con apoyo de la institución a través de créditos.

- Servicio de Asesoría Técnica (SAT)

Programa de asesorías técnicas, conducidas por consultores de experiencia comprobada y capacitados para diseñar en acuerdo con el usuario, las mejores estrategias para mejorar sus sistemas productivos. Este diseño supone necesariamente un acertado diagnóstico de las brechas tecnológicas existentes y un plan de trabajo que se basa en un conjunto de acciones técnicas a desarrollar por el usuario el cual se compromete contractualmente a adoptarlas

- Programa Riego y Drenaje Intrapredial (PRI)

Este Programa entrega incentivos por un monto de hasta 90% del costo bruto total de inversión, con un tope de $ 6.000.000 para personas naturales y de $ 10.000.000 si es persona jurídica. Los incentivos se entregan sobre la base de un proyecto, el cual considera recursos para cofinanciar las inversiones proyectadas y, cuando corresponda,

recursos para la formulación del proyecto y apoyo a la ejecución de las inversiones y/o capacitación de los usuarios.

- Estudios de Riego y Drenaje

Es un instrumento de fomento que entrega incentivos económicos a los(as) pequeños(as) productores(as) agrícolas que necesiten contratar el servicio de formulación de proyectos que serán presentados en los concursos de la Ley Nº 18.450, que incorporen obras de riego o drenaje extraprediales o intraprediales, tanto individuales como asociativas

d) Corporación de Fomento de la Producción (CORFO)

Creada en 1939, es el organismo del Estado chileno encargado de impulsar la actividad productiva nacional. Su Misión es mejorar la competitividad y la diversificación productiva del país, a través del fomento a la inversión, la innovación y el emprendimiento, fortaleciendo, además, el capital humano y las capacidades tecnológicas para alcanzar el desarrollo sostenible y territorialmente equilibrado.

CORFO cuenta con una gran cantidad de programas y concursos que financia, la mayoría de ellos con cofinanciamiento. A continuación se detallan aquellos que se entiende puedan aportar al PGIRH:

- Programa de Preinversión en Riego

Persigue apoyar a las organizaciones de usuarios de aguas y a las empresas con derechos de agua a través del financiamiento de estudios que les permitan identificar y evaluar alternativas de inversión en riego, drenaje y distribución de aguas.

- Proyectos Asociativos de Fomento (Profo)

Busca apoyar proyectos asociativos que permitan a grupos, de entre 10 y 15 empresas del sector silvoagropecuario, mejorar de manera sostenida, acelerada y sustentable su gestión y productividad, apoyando la contratación de consultoría experta, el intercambio, articulación y coordinación entre pares; facilitando la incorporación de capacidades y competencias de gestión, metodologías, herramientas y buenas prácticas en las unidades productivas y en la cadena productiva y nuevas tecnologías.

- Programa Nodos para la Competitividad

Pretende generar y articular redes entre emprendedores/as, micro y/o pequeñas empresas, impulsando la colaboración entre pares, la vinculación con actores relevantes de la industria y con las fuentes de información y conocimiento, contribuyendo así a mejorar su innovación y competitividad.

- Programa de Desarrollo Tecnológico. Energía Solar Fotovoltaica Climas Desérticos y Alta Radiación

Busca adaptar y/o desarrollar tecnologías de energía solar fotovoltaica que respondan de una mejor manera a las condiciones particulares de zonas desérticas y alta radiación, en cuanto a durabilidad y rendimientos esperados que reduzcan el costo nivelado de la energía a una meta de 25 USD/MWh al año 2025, poniendo un especial énfasis en el

desarrollo y fortalecimiento de proveedores locales para crear un tejido industrial sofisticado orientado a la provisión de bienes y servicios en Chile y el extranjero.

- Programa de Desarrollo de Proveedores (PDP)

Persigue apoyar la incorporación y fortalecimiento de capacidades, habilidades y competencias en empresas productoras de bienes y/o servicios que sean proveedores o tengan potencial para convertirse en proveedores directos de empresas demandantes de sectores productivos relevantes, para mejorar la productividad de la cadena, la oferta de valor y acceder a nuevos mercados.

- Fundación para la Innovación Agraria (FIA)

La Fundación para la Innovación Agraria (FIA), es la agencia del Ministerio de Agricultura, cuya misión es fomentar una cultura de la innovación en el sector agrario, agroalimentario y forestal, promoviendo y articulando iniciativas de innovación que contribuyan a mejorar las condiciones de vida de las agricultoras y agricultores, en todas las regiones del territorio nacional.

Si bien no tiene fondos específicos de financiamiento, tiene tres líneas estratégicas de desarrollo, dentro de las cuales realiza sus concursos, las que a continuación se detallan:

- Orientar los procesos de Innovación en el sector Agrícola
- Apoyar integralmente los procesos de innovación del sector
- Agregar valor a los procesos de innovación

Cabe resaltar, que en la medida que se especifiquen los objetivos, líneas de trabajo y acciones que se requieran financiar, se propondrán las herramientas y líneas de financiamiento que se utilizarán.

También será necesario desarrollar gestiones con el Gobierno Regional, para conseguir recursos que se puedan aportar al PGIRH, por parte del FNDR y FIC, principalmente.

- Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC)

El Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC) es una asignación anual de recursos que recibe el Gobierno Regional, para potenciar el desarrollo económico de la región, mediante la ejecución de proyectos de investigación que generan conocimiento aplicable a los sectores productivos, aumentando así las oportunidades de desarrollo y calidad de vida de las personas.

El FIC nació en el año 2006, al alero de los ingresos percibidos por el royalty a la minería, constituyéndose en una importante herramienta de financiamiento público para el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación en el país. En 2008, un 25% de estos recursos, comenzó a ser distribuido en regiones para promover la competitividad de los distintos sectores productivos e impulsar procesos de cambio, con foco en las demandas de cada territorio.

El FIC Regional (FIC-R) es ejecutado por el Gobierno Regional, mediante dos vías, la primera a través de agencias públicas especializadas (CORFO, INNOVA Chile, FIA, CONICYT, entre otras) que reciben recursos para desarrollar sus líneas de trabajo que se ajustan a requerimientos regionales; y la segunda, a través de un concurso público dirigido a Universidades y Centros de I+D.

A dicho concurso pueden postular las universidades estatales o reconocidas por el Estado que se encuentren acreditadas; instituciones incorporadas en los registros de centros para la realización de actividades de I+D establecidas en la Ley N° 20.241; y aquellas que cumplan con los requisitos exigidos en el Decreto N° 68, del 23 de febrero de 2009 del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.

Tal como se destacara, la propuesta es coordinar los recursos que existen en la actualidad, de manera de lograr un mejor impacto de las medidas, no duplicar esfuerzos, lograr una priorización de las iniciativas, entre lo principal. Pero lo más relevante es poder implementar las iniciativas que se han definido de manera participativa, en distintas estrategias y planes que se han desarrollado, incluido el presente Plan.

8.9.2.2 Instituciones o empresas privadas

Entre las entidades privadas para las que se considera que podrían hacer aportes financieros, están las siguientes:

- las Juntas de Vigilancia, que podrían aportar con capacidad de personal
- las empresas mineras, como MLP, que ya están haciendo aportes, y que están dispuestas a colaborar con la cuenca
- las empresas agrícolas grandes, que, dentro de sus posibilidades, también están dispuestas a colaborar con la cuenca.

Estos aportes que se vayan a solicitar a instituciones privadas, serán precisadas caso a caso, y siempre operan sobre la base de un beneficio mutuo, es decir, se debe crear un escenario donde todos ganan, lo cual constituye la esencia de la GIRH.

8.9.2.3 Financiamiento internacional

Diversos programas y acuerdos existentes generan fondos de financiamiento a proyectos o iniciativas de carácter internacional. Algunos de ellos podrían ser alcanzables para implementar actividades y gestionar los recursos hídricos, muchas veces dependiendo esto de cómo sea enfocada la presentación al fondo. A continuación se proponen algunos de ellos.

a) Fondos BID (Banco Interamericano de Desarrollo)

El BID ha financiado proyectos vinculados a los recursos hídricos que implican una ganancia social y al bienestar humano. Así por ejemplo, iniciativas que busquen mejorar monitoreo y toma de datos para planificación, capacitación e, incluso, infraestructura, podrían ser objeto de cubrimiento mediante fondos no reembolsables, o bien préstamos. Entre los programas que BID posee como fondos no reembolsables, destacan:

- Programa de Empresariado Social, el cual entrega préstamos y donaciones a organizaciones privadas, sin fines de lucro y organizaciones gubernamentales locales o regionales que proporcionen asistencia financiera, empresarial, social y servicios comunitarios de desarrollo a poblaciones desfavorecidas.

- Fondo Multilateral de Inversiones, el cual apoya donaciones a pequeña escala, en el marco de iniciativas piloto que puedan ejercer una función catalizadora para emprender reformas de mayor alcance. Favorece organismos privados y públicos dependiendo de las características específicas de la operación propuesta. Los organismos privados pueden ser organizaciones no gubernamentales,

asociaciones sectoriales, cámaras de comercio, u organizaciones similares pero no pueden ser entidades con fines de lucro.

- Fondos fiduciarios, favorecen a todo organismo público o privado legalmente constituido, pero se limita a áreas geográficas y a sectores específicos.

b) Convenios Bilaterales

Chile ha establecido una serie de convenios internacionales de carácter bilateral y multilateral. Algunos de ellos incluyen acuerdo de cooperación técnica y fondos para investigaciones conjuntas. Entre estos destacamos:

- Convenio Chile − México. Incluye un presupuesto de US$ 1,5 millones anuales para el desarrollo de proyectos que incluyan la cooperación entre instituciones públicas de ambos países. Este fondo ha financiado iniciativas vinculadas a los recursos hídricos, como por ejemplo un programa en educación hídrica sostenido por el Gobierno Regional de Coquimbo y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), y un proyecto de conocimiento y exploración de tecnologías para la recarga artificial de acuíferos llevado a cabo por la Dirección General de Aguas de Chile e IMTA.

- Convenios de cooperación técnica manejados por AGCI (Agencia de Cooperación Internacional). Chile posee convenios de cooperación técnica bilateral, respectivamente con Alemania, Angola, Australia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, España, Estados Unidos, Guatemala, Honduras, Japón. Mozambique, Paraguay, Perú y Uruguay. En virtud de esos convenios, se puede solicitar, a través de AGCI, se tramite la visita y asesoría de expertos en temas específicos de interés, que sean relevantes para el país. Para este caso, la necesidad por llevar a cabo los PGIRH está en la Política Nacional de Recursos Hídricos, por lo cual se justifica plenamente.

- Cooperación Chile − Australia. El gobierno de Australia ofrece financiamiento a proyectos agrícolas de pequeña escala, previa evaluación de su sostenibilidad ambiental. Puede ser útil para elevar el bienestar de poblaciones rurales más desposeídas.

- Cooperación Chile − Finlandia. El gobierno finlandés ofrece fondos para iniciativas dedicadas a la gestión sostenible de los recursos naturales y su proyección ambiental.

- Cooperación Chile − Nueva Zelanda. A través del Fondo de la Jefatura Exterior de Nueva Zelanda, se puede postular a financiar proyectos agrícolas que permitan mejorar condiciones de vida a sectores de más bajos recursos. Además, se le da mayor valor a iniciativas que sean ambientalmente sostenibles e incluyan una participación importante de las mujeres.

- Cooperación Chile − Francia. Mediante el fondo Franco-Chileno Apoyo a la Cooperación Descentralizada, ambos gobiernos proveen de financiamiento a iniciativas diversas. Entre estas, destacan proyectos en turismo sustentable (buena opción para el orden territorial y mejoramiento de los ingresos de la población) y en gestión del agua y recursos naturales. Claramente, estos fondos pueden ser foco de postulación para la GIRH.

8.10 PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL. INDICADORES

El seguimiento y la evaluación tienen directa relación con un plan de gestión, debido a que refuerzan el concepto de que toda planificación debe estar enfocada a resultados. Sin unos objetivos claros (problemas y resultados esperados), un programa de acción y un seguimiento y una evaluación eficaces, no sería posible reconocer si el trabajo que se realiza, va en la dirección correcta, si se han logrado avances y éxitos, y cómo se podrían mejorar los esfuerzos futuros.

El desarrollo de métricas e indicadores de seguimiento permite focalizar la atención de los diversos actores en las áreas que presentan mayores rezagos, y facilita la evaluación del impacto de las medidas emprendidas. Esto permite una mejora en el proceso siguiente de planificación.

Se puede definir el seguimiento como un proceso continuo por el que las partes interesadas obtienen regularmente una retroalimentación sobre los avances que se han hecho, no sólo en relación con las acciones comprometidas, sino que también en relación con el logro de las metas y objetivos, de modo de decidir si es necesario mantener o renovar las estrategias y acciones que se deben llevar a cabo para asegurar el avance hacia los resultados más importantes. El seguimiento proporciona la información en tiempo real necesaria para la gestión.

Por su parte, la evaluación es una valoración rigurosa e independiente, de las actividades finalizadas o en curso, para determinar en qué medida se están logrando los objetivos estipulados y contribuyendo a la toma de decisiones. La evaluación proporciona una valoración más exhaustiva que el seguimiento, y debe contestar preguntas generadas durante el proceso de seguimiento. La evaluación recurre mucho a los datos generados mediante el seguimiento.

La evaluación, al igual que el seguimiento, se puede aplicar a todos los objetivos del Plan. La distinción clave entre las dos es que las evaluaciones debieran ser hechas de forma independiente del Plan. Además, son más rigurosas en sus procedimientos, diseño y metodología, y generalmente implican un análisis más amplio. Sin embargo, los objetivos del seguimiento y la evaluación son muy similares: proporcionar información que ayude a tomar decisiones más acertadas, mejorar el desempeño y alcanzar los resultados planeados.

Así, los procesos de seguimiento y evaluación complementan el de la planificación, en el sentido de que ayudan a:

- Gestionar mejor los riesgos y las oportunidades
- Ser responsable y rendir cuentas
- Tomar decisiones bien fundadas
- Emprender acciones correctivas para mejorar
- Aprender de la experiencia

Los procesos de seguimiento y evaluación son más eficaces cuando van acompañados de medidas efectivas para promover una cultura de orientación a los resultados y asegurar que las personas sean responsables tanto de los resultados logrados, como de sus acciones y comportamiento para lograrlos. Para ello se usan los indicadores.

Los indicadores de seguimiento pueden ser de diferentes tipos, según se aprecia en la Tabla 8.10-1.

Tabla 8.10-1 Tipos de indicadores

Tipo de indicador	Lo que mide
Indicadores de proceso	Cantidad, calidad y puntualidad de los recursos empleados, y progreso de las actividades
Indicadores de resultados	Cantidad y calidad de productos y servicios
Indicadores de impacto	Logro de los impactos finales

Los indicadores de proceso son antecedentes que son generados durante el proceso de avance de un Plan, en base a los cuales se puede hacer un seguimiento o una evaluación. Por ello, es importante llevar registro, mediante indicadores de proceso, de todas las actividades, iniciativas, conversaciones, decisiones, conclusiones o resultados que se obtengan para cada objetivo específico, de modo de poder hacer un seguimiento y apreciar los aspectos falentes o debilidades que se vayan detectando, y poder tomar las decisiones correctas de refuerzo de las actividades.

Los indicadores de resultados del proceso, miden en el corto o mediano plazo, si se han logrado los objetivos inicialmente propuestos para el Plan. Finalmente, los indicadores de impactos, que son de más largo plazo, muestran qué tipo de impacto han generado en la sociedad las medidas aplicadas.

A su vez, dentro de cada tipo, los indicadores pueden ser:

Cuantitativos:
- Un número
- Un porcentaje
- Una tasa
- Un ratio

Cualitativos:
- Satisfacción con…
- Cualidad de …
- Grado de …
- Nivel de …

También pueden clasificarse como directos o indirectos. Se llaman directos cuando se basan en información existente, e indirectos cuando se basan en encuestas o consultas no exhaustivas, sino que sólo indicadoras.

En base a lo señalado, se formalizó para la cuenca un programa de monitoreo, seguimiento y control del Plan, en base a los indicadores de proceso, de resultados y de impacto que se señalan, para la generación de antecedentes para el seguimiento y control, los cuales se proponen en el cuadro del Plan GIRH. Lo que se busca es generar determinados antecedentes que permitirán evaluar los avances, resultados e impactos.

Este programa de seguimiento no sólo se refiere a las acciones estratégicas, sino que también a los objetivos que éste persigue lograr, de modo que ellos estén siempre vigentes. En cuanto a las acciones, el programa de seguimiento debe dar cuenta no sólo

del avance de ellas, sino que también de sus modificaciones y adecuaciones a la nueva realidad, cada 2 o 3 años, o como se estipule, de modo que se mantengan vigentes y en cartera siempre sólo las acciones más efectivas, útiles y eficientes para el logro de los objetivos vigentes.

Teniendo claridad acerca de los objetivos o metas y su priorización, de las acciones necesarias de llevar a cabo para su materialización, y de las instituciones que se harán cargo de su financiamiento, se establece un sistema de evaluación del grado en que se hayan podido alcanzar dichas metas mediante la concreción de las acciones del Plan. Para ello, los indicadores de resultados y de impacto buscan mostrar visualmente los grados de avance de cada acción, y la forma cómo cada acción contribuye al logro de cada uno de los objetivos.

En el Cuadro del Plan GIRH del Anexo 8, se señalan, bajo Plan de Seguimiento, tres columnas: los indicadores propuestos de proceso, los indicadores de resultados y los indicadores de impacto, para seguir y evaluar cada uno de los objetivos del Plan.

Esta forma de observar los avances, permitirá distinguir si se ha avanzado en lo prioritario, y también, si es necesario cambiar prioridades, cuando se hagan las reevaluaciones periódicas propias de un plan dinámico.

8.11 CRONOGRAMA

Para el desarrollo de la estrategia de acción correspondientes a cada uno de los resultados esperados, se propone en el cuadro del Plan GIRH, un cronograma que guíe la acción. Para el primer año, los plazos se distinguen por meses, y después por años. Hay un plazo máximo de 5 años para abarcar cada una de las acciones.

Este aspecto se propone en el cuadro del Plan GIRH, en estrecha relación con la prioridad de cada objetivo. Los objetivos con prioridades más altas se abordan dentro de plazos más cortos, aunque esto puede no influir en los plazos de desarrollo, los cuales a veces son muy largos y no se pueden reducir.

Se estima que el Plan debiera ser revisado cada dos años, como máximo.

8.12 ESCENARIOS DE DESARROLLO, DEMANDA FUTURA Y RIESGO

A partir de los planes existentes, y de las entrevistas y trabajo en los talleres, se vislumbran diversos escenarios de desarrollo para la cuenca del Choapa. Algunos de ellos tienen que ver con Minera Los Pelambres, otros con la agricultura, y otros, con el agua potable. Todos los sectores tienen sus programas de desarrollo y requerimientos correspondientes.

Para la agricultura, se habla de dos embalses. Uno de ellos se ubicaría en la cabecera de la cuenca del Choapa, que vendría a complementar las dotaciones de la parte alta, actualmente no beneficiada por el embalse Corrales. Su estudio está comprometido por parte de MLP, a través del Acuerdo de Salamanca. El otro embalse sería el de Canelillo, proyecto de la DOH, de 170 millones de m3, que beneficiaría el Choapa Bajo, y además desarrollaría un nuevo gran sector de riego en las planicies costeras de la cuenca, actualmente no productivas, de unas 12.000 ha.

Por otro lado, para la agricultura siempre existe la necesidad de mejorar la eficiencia de los canales, y de tecnificar el riego.

En el tema del agua potable, es especialmente sensible el agua potable rural, específicamente en los lugares donde ha entrado en falla durante la reciente gran sequía. Tiene mucha importancia revisar la infraestructura, parcialmente obsoleta, y la ubicación de fuentes alternativas seguras, que se puedan habilitar en épocas de sequía extrema.

El Gobierno, a través del MOP, presentó el año 2015 una propuesta de plantas desalinizadoras de agua de mar, para las provincias de Elqui y Choapa, para abastecer los sistemas de Agua Potable Rural (APR). Para la Provincia del Choapa, la alternativa fue estudiada para el sector de la Bahía de Conchalí, la que podría implementar una planta de 65 litros por segundo para abastecer a las 4 comunas. La demanda en sí, cuantitativamente, no es relevante, y podría ser suplida con aguas del río desde la propia cuenca. Sólo deben establecerse las condiciones para ello, lo que será tarea de la nueva gobernanza. En la cuenca se estima que una planta desalinizadora sería un gasto innecesario.

En cuanto a la minería, ella utiliza un porcentaje significativo del recurso generado por la cuenca (aproximadamente el 20% del recurso 85% generado por la cuenca), porcentaje que se vuelve significativo y sensible justamente en sequía, cuando los caudales alcanzan probabilidades de excedencia de 95% o mayores.

Al respecto, MLP ingresó al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) de la región de Coquimbo el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del "Proyecto de Infraestructura Complementaria", que considera una inversión de US$1.100 millones. El proyecto contempla construir una planta desalinizadora en Los Vilos y un sistema de impulsión con el objetivo de asegurar el suministro de agua industrial para la operación minera, incluso en condiciones de sequía como la vivida en los últimos años. Con lo anterior, la compañía se hizo cargo de uno de los compromisos asumidos con la comunidad de Salamanca en marzo de 2015, respecto a que cualquier necesidad adicional de agua para la operación se abordaría con agua de mar.

En cuanto al agua potable urbana, los planes de desarrollo de 2012 fueron actualizados el año 2015, incluyendo nuevas obras tanto de producción como de almacenamiento, para resolver los problemas que se suscitaron durante la gran sequía.

A partir del conocimiento de todas estas instancias, en el Plan GIRH se formulan las tareas de seguimiento y control y las estrategias de acción para la nueva gobernanza.
En cuanto a los escenarios de desarrollo a ser profundizados en el presente estudio mediante el modelo WEAP, se formularon en conjunto con los partícipes, considerando demandas futuras y condiciones futuras, y son los siguientes:

- Escenario Futuro Base
- Escenario Futuro con Cambio climático moderado
- Escenario Futuro con Cambio climático severo
- Escenario Embalse Cabecera sobre cambio climático moderado
- Escenario Embalse Cabecera sobre cambio climático severo
- Escenario 100% revestimiento sobre cambio climático moderado
- Escenario 100% tecnificación sobre cambio climático moderado
- Escenario sin MLP sobre cambio climático moderado (MLP utilizaría agua de mar)

Los escenarios desarrollados consideran en todo momento el balance hídrico de la cuenca, y algunas condiciones específicas, de manera que el plan permita garantizar un desarrollo sustentable, en que estén considerados tanto los sectores productivos, no productivos como ecológicos.

9 MODELO HIDROLÓGICO INTEGRADO WEAP Y ESCENARIOS DE DESARROLLO

9.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

El presente estudio de análisis del Plan GIRH Choapa incluye, como herramienta central de planificación y de apoyo a las decisiones, la entrega a la comunidad de un modelo integrado de simulación hidrológica, llamado WEAP, que representa, nodo a nodo, el balance cunatitativo resultante de la gestión del recurso hídrico. Este modelo se ha desarrollado sobre la base del programa WEAP del Stockholm Institute of Environment, SEI, sede US, que es un modelo comercial para el cual se ha adquirido una licencia por dos años. Pueden hacer uso de esta licencia, todas las personas ligadas al proyecto que deseen hacerlo, sin límite de cantidad. La licencia se adquirió a fines de enero de 2017, y expira a fines de enero de 2019.

Como complemento al modelo principal o de gestión arriba descrito, y para representar la respuesta hidrológica de la cuenca ante futuros escenarios de cambio climático, se utilizó el modelo WEAP con forzantes climáticas, desarrollado el año 2012 por el Centro de Cambio Global UC para la cuenca aportante del rio Choapa en la estación Choapa en Cuncumén. Este modelo recibe como datos de entrada las variables forzantes de precipitación y temperatura, a partir de las cuales genera la hidrología o escorrentía de la cuenca simulada.

Finalmente, para generar el aporte de las demás cuencas de cabecera y aportantes al modelo principal, en escenarios de cambio climático, en la presente consultoría se desarrolló un método de generación de caudales por transposición, para las cabeceras de Illapel y Chalinga, a partir de la estadística de Choapa en Cuncumén.

Para todas las demás subcuencas aportantes intermedias, el aporte se modeló en base al modelo MPL, que genera escorrentía a partir de las forzantes climáticas de precipitaciones y evaporación, el cual fue calibrado y usado en el estudio CAZALAC / RODHOS 2006.

Los modelos señalados permiten representar una cuenca completa, incluidas las aguas superficiales y subterráneas, además de las obras y acciones (gestión) que afectan los flujos. Para ello, obligan al modelador, a informarse y recolectar toda la información hidrológica disponible en la cuenca, y ponerla en el contexto lóigico del modelo. Una vez que el modelo está calibrado, el modelo permite obtener respuestas a preguntas que de otra forma no es posible contestar. Ello no significa que no se pueda reaizar gestión integrada de los recursos hídricos sin un modelo. Sin embargo, a partir del uso del modelo es posible visualizar el comportamiento del recurso hídrico en la cuenca, lo que aporta muchas luces al proceso de toma de decisiones, con lo cual el modelo se constituye en una poderosa herramienta tanto para el establecimiento como para la evaluación de las medidas de un Plan.

9.1.1 Desarrollo del modelo WEAP Choapa

Las labores asociadas al desarrollo y actualización del modelo hidrológico utilizado como herramienta de análisis y evaluación de escenarios asociado al Plan de Gestión Integrada de Recursos Hídricos para la cuenca del río Choapa, toma como punto de

partida el modelo WEAP desarrollado en el marco del proyecto "Estudio de modelos de gestión de recursos hídricos superficiales y subterráneos, para las cuencas de las provincias de Elqui, Limarí y Choapa", desarrollado para la Corporación Regional de Desarrollo Productivo (CRDP) de la Región de Coquimbo por la Consultora RODHOS Asesorías y Proyectos Ltda, el año 2014.

En dicho estudio, hay un capítulo completo (capítulo 6) dedicado a describir la estructura del modelo WEAP, otro capítulo completo (capítulo 7) dedicado a explicar el tipo de resultados que genera el modelo, y la forma de obtenerlos y sistematizarlos para su adecuada comprensión a través de planillas temáticas, y finalmente hay un capítulo dedicado a la generación del modelo WEAP para cada una de las cuencas de la región (capítulos 8, 9 y 10).

El capítulo 10 se refiere al modelo WEAP Choapa, y contiene:

- Datos de entrada
- Reglas de operación del sistema Choapa
- Calibración del modelo en el período abril 2000-marzo 2014, para referirlo al período de operación del embalse Corrales.
- Diversos escenarios futuros de base y de operación, donde se probó el efecto del uso de los acuíferos para apoyar los desmarques en sequía, el efecto del uso de los acuíferos para apoyar los desmarques en un período de extrema sequía, y el efecto de la incorporación de los embalses Chalinga y Cabecera Choapa (se llamó Totoral).
- Conclusiones y recomendaciones para la cuenca del Choapa.

Se remite al lector interesado en la formulación detallada del modelo WEAP Choapa, al mencionado estudio que se encuentra en Anexo Capítulo 9.1.

El mismo modelo luego fue retomado por el Laboratorio PROMMRA de la Universidad de La Serena en el marco del estudio "Análisis Modelación de Embalses de Pre-Cordillera", desarrollado para la CRDP de la región de Coquimbo, finalizado a fines de 2016. En dicho estudio, el modelo se corrió para el período 1990-2015, para completar un período de 25 años e incluir la sequía de 1996-1997.

En la presente consultoría, se revisó y depuró el modelo WEAP utilizado en el estudio PROMMRA, y se extendió el período hasta marzo de 2016, validándose el modelo para el período 2015-2016. De este modo, se trabajó con un período histórico desde abril 1990 a marzo de 2016.

9.1.2 Topología del modelo WEAP

A continuación, en las Tablas 9.1.1 a 9.1.4, se entrega en detalle la topología utilizada en el modelo, la que permite asociar elementos del modelo con los nombres reales de los sectores modelados.

En la Tabla 9.1-4 de acuíferos, sólo a modo referencial, se incluye el Sistema Hidrogeológico de Aprovechamiento Común (SHAC) al que pertenece cada acuífero, de acuerdo con la división actual realizada al respecto por la DGA.

Tabla 9.1-1 Cuencas aportantes

CÓDIGO WEAP	SUBCUENCA AFLUENTE A	ÁREA (km2)	NATURALEZA
AN_01	Río Choapa arriba EF Choapa sobre Río Valle	905,8	Nival
AN_02	Río Valle, Cabecera	60,3	Nival
AN_03	Río Tencadán arriba Canales	89,1	Nival
AN_04	Río Cuncumén arriba Canales	262,9	Nival
AN_05	Estero Quelén, Cabecera	112,3	Nival
AN_06	Río Chalinga arriba de La Palmilla	244,8	Nival
AN_07	Estero Camisas, Cabecera	257,4	Pluvial
AN_08	Río Illapel, Cabecera	270,5	Nival
AN_09	Río Carén, Cabecera	94,5	Nival
AN_10	Estero La Canela	1379,3	Pluvial
CL_01	Río Valle parte baja y EF Choapa en Cuncumén	151,6	Nivo-Pluvial
CL_02	Río Choapa entre EF Choapa en Cuncumén y Pueblo Cuncumén	79,2	Nivo-Pluvial
CL_03	Río Choapa sector confluencia Choapa-Cuncumén-Tencadán	29,8	Pluvial
CL_04	Río Choapa entre confluencia Cuncumén-Choapa y Bocatoma Corrales	85,7	Pluvial
CL_050	Río Choapa entre Bocatoma Corrales y sector confluencia Quelén-Choapa, Chillepín	236,8	Nivo-Pluvial
CL_051	Río Choapa entre Bocatoma Corrales y sector confluencia Quelén-Choapa, Coirón	50,8	Pluvial
CL_052	Río Choapa entre Bocatoma Corrales y sector confluencia Quelén-Choapa, Quelén	48,9	Pluvial
CL_06	Río Choapa entre Estero Quelén y Entrega Corrales Nº2	60,3	Pluvial
CL_07	Río Choapa entre Entrega Corrales Nº2 y EF Choapa en Salamanca	44	Pluvial
CL_08	Río Choapa entre EF Choapa en Salamanca y Descarga Los Veneros	14,7	Pluvial
CL_09	Río Chalinga entre La Palmilla y San Agustín	130,5	Nivo-Pluvial
CL_10	Río Chalinga entre Sn Agustín y Qda Cunlagua	85	Pluvial
CL_11	Sector confluencia Río Choapa y Río Chalinga y Río Chalinga abajo Quebrada Cunlagua	191,7	Pluvial
CL_12	Río Choapa entre Río Chalinga y Estero Camisas	23,1	Pluvial
CL_13	Estero Camisas, parte baja	217,4	Pluvial
CL_14	Río Choapa entre Estero Camisas y Estero Limáhuida	311,6	Pluvial
CL_15	Río Choapa entre Estero Limáhuida y confluencia con Río Illapel	90,4	Pluvial
CL_16	Río Illapel entre comienzo Canales y Las Burras	334,6	Nival
CL_17	Confluencia Ríos Illapel y Carén	132,4	Nivo-Pluvial
CL_18	Río Illapel entre confluencia con R Carén y Embalse El Bato	28,6	Nivo-Pluvial
CL_19	Río Illapel entre Embalse El Bato y Huintil	171,7	Pluvial
CL_20	Río Illapel entre Huintil y Quebrada Cárcamo	102,1	Pluvial
CL_21	Río Illapel entre Qda Cárcamo y Estero Aucó	107,9	Pluvial
CL_22	Río Illapel entre Estero Aucó y El Peral	799,5	Pluvial
CL_23	Río Choapa, confluencia con Río Illapel, Illapel bajo El Peral	93,6	Pluvial
CL_24	Río Choapa entre Río Illapel y Estero La Canela	352,9	Pluvial
CL_25	Río Choapa, aguas abajo de Estero La Canela	34,5	Pluvial

Tabla 9.1-2 Zonas de riego

CÓDIGO	ÁREA POTENCIAL (ha)	SECTOR
ZR_01	173,1	Río Valle o Estero Almendrillo
ZR_02	360,5	Batuco, Río Choapa arriba de confluencia Choapa-Cuncumén
ZR_03	562,2	Cuncumén
ZR_04	585,4	Tranquilla, Río Choapa abajo de Cuncumén
ZR_050	820,2	Chillepín, Río Choapa arriba de Estero Quelén
ZR_051	449,6	Coirón, Río Choapa arriba de Estero Quelén
ZR_052	86,0	Quelén, Río Choapa arriba de Estero Quelén
ZR_06	337,4	Estero Quelén
ZR_07	206,0	Llimpo, abajo de Estero Quelén
ZR_08	1470,5	Higuerilla, Río Choapa abajo de sector Panguecillo
ZR_09	16,9	El Queñe, Río Choapa arriba de Salamanca
ZR_10	430,8	Ciudad Salamanca, Río Choapa
ZR_11	148,8	Zapallar, Río Chalinga arriba San Agustín
ZR_12	410,0	Río Chalinga entre San Agustín y Quebrada Cunlagua
ZR_13	871,6	Río Chalinga entre Quebrada Cunlagua y Río Choapa
ZR_14	1259,3	El Tambo, Río Choapa abajo de Salamanca
ZR_15	911,8	Estero Camisas
ZR_16	1488,7	Choapa y Estero Limáhuida
ZR_17	2144,0	Choapa entre Estero Limáhuida y Río Illapel
ZR_18	203,6	Río Illapel arriba Las Burras
ZR_19	124,0	Río Illapel arriba de Río Carén
ZR_20	167,2	Río Carén
ZR_21	62,7	Río Illapel abajo de Río Carén (área de inundación embalse El Bato)
ZR_22	180,0	Río Illapel arriba de bocatoma Canal Cocinera
ZR_23	480,0	Río Illapel entre Huintil y Cárcamo
ZR_24	1106,8	Río Illapel entre Quebrada Cárcamo y Estero Aucó
ZR_25	785,1	Ciudad Illapel, Río Illapel
ZR_26	101,4	El Maitén, Río Illapel arriba confluencia con Choapa
ZR_27	241,1	Choapa entre Río Illapel y Estero Canela
ZR_28	606,3	Huentelauquén, Río Choapa abajo de Estero Canela
NOZR CL_050	77,9	Río Choapa entre Bocatoma Corrales y sector confluencia Quelén-Choapa, Chillepín
NOZR CL_13	82,9	Estero Camisas, parte baja
NOZR_CL_11	72,7	Sector confluencia Río Choapa y Río Chalinga y Río Chalinga abajo Quebrada Cunlagua
NOZR_CL_21	2,2	Río Illapel entre Qda Cárcamo y Estero Aucó
NOZR_CL_22	49,7	Río Illapel entre Estero Aucó y El Peral
NOZR_CL_24	1,8	Río Choapa entre Río Illapel y Estero La Canela

Tabla 9.1-3 Canales

CÓDIGO WEAP	FUENTE	CANALES	ACCIONES	CAPACIDAD (m3/s)	PÉRDIDAS (%)
CA_01	Río Choapa	Los Morros, Cabecita de León, Eusebio, Huinganal, Los Blancos, El Valle	365	0,481	30
CA_02	Río Choapa	Piedrino	104	0,400	40
CA_03	Río Choapa	Batuco, Manzano Derecho, Manzano Izquierdo	211	0,405	31

CÓDIGO WEAP	FUENTE	CANALES	ACCIONES	CAPACIDAD (m3/s)	PÉRDIDAS (%)
CA_04	Río Choapa	Rodadero o Manzano	350	0,240	40
CA_05	Río Choapa	Pangue o Inquilinos	300	0,930	45
CA_06	Río Choapa	Molino de Tranquilla	300	0,400	38
CA_07	Río Cuncumén	Molino de Tencadán, Tencadán Derecho, Tencadán Izquierdo, Codicia o Las Pampitas, Tencadán Cortadera Derecho, Tencadán Aletón Izquierdo	230	0,345	25
CA_08	Río Cuncumén	Buitrón, El Bosque, Los Loros o Los Arriendos	169	0,820	34
CA_09	Río Cuncumén	Tiralarga	90	0,120	26
CA_10	Río Choapa	Araya, Barraco Grande, Los Ranchos Choapa	1082	2,560	33
CA_11	Río Choapa	Silvano	1508	2,000	48
CA_120	Río Choapa	Barraco Chico, Del Sauco	256	0,600	33
CA_121	Río Choapa	Aguas Claras de Chillepín, El Pavo	400	2,110	33
CA_13	Río Choapa	El Molino de Quelén	124	1,100	38
CA_14	Río Choapa	Breas o Molino de Llimpo	973	1,730	45
CA_15	Río Choapa	De La Higuera, Potrero El Buey, Maitén	100	0,100	35
CA_16	Río Choapa	Panguecillo Uno o Del Medio, Panguecillo Dos	600	2,000	39
CA_17	Río Choapa	Higueral	480	0,600	45
CA_18	Río Choapa	Pardo	530	1,100	48
CA_19	Río Choapa	El Queñe, Aguas Claras	125	0,250	32
CA_20	Río Choapa	Población	389	0,330	38
CA_21	Río Choapa	Buzeta	3000	3,800	60
CA_22	Río Chalinga	Molino de Zapallar	59	0,060	35
CA_23	Río Chalinga	Batuco de Chalinga	206	0,300	44
CA_24	Río Chalinga	Alameda, Maravillal o La Viña, Palquial o Molino de San Agustín, Valentino y Canelo	469	0,500	30
CA_25	Río Chalinga	Vert. Los Guindos, Vert. San Francisco, Vert. Las Casas, Chañar Chalinga, Cunlagua, Huanque, Arboleda Grande, Chalinga o Cancha Brava, Chilcas, Tebal	929	1,040	34
CA_26	Río Choapa	Tahuincano, Las Viudas	570	1,550	35
CA_27	Río Choapa	Caracha	500	1,100	44
CA_28	Río Choapa	El Boldo o Chuchiñí	800	1,900	44
CA_29	Río Choapa	Jote, Camisas o Batito	140	0,480	25
CA_30	Río Choapa	El Molino de Peralillo, Las Chacras, Los Loros o Del Medio	460	1,020	31
CA_31	Río Choapa	Pintacura Norte, Pintacura Sur o Alto	650	2,170	40
CA_32	Río Illapel	Los Gonzalez, Salinas, Las Burras Bajas, El Durazno Illapel, Los Perales Illapel, Las Burras Altas	96	0,261	29
CA_33	Río Illapel	Llano Alto, Llano Bajo, Covachas, Los Manque, Alcantarilla, Pichicaven, Calderón, Mala Ladera, El Agüita, Los Sauces, La Montaña, Rodado, El Bajo, El Macal Illapel	201	2,449	28
CA_34	Río Illapel	Santa Margot	39	0,092	26

CÓDIGO WEAP	FUENTE	CANALES	ACCIONES	CAPACIDAD (m3/s)	PÉRDIDAS (%)
CA_35	Río Carén	Molino de Carén Illapel, Santa Ana, San Arturo, Carrizo Carén, San Isidro Carén, El Buitre Carén, Tizón	222	0,540	30
CA_36	Río Illapel	Santa Margarita, El Palqui Illapel	66	0,228	34
CA_37	Río Illapel	El Peumo, San Jorge, Santa Isabel, San Javier	113	0,195	32
CA_38	Río Illapel	La Turbina	283	0,250	44
CA_39	Río Illapel	Santa Olga, Los Pelados, San Isidro, El Silo, San Patricio, Camarote, Escorial Illapel, Plantación	375	0,550	29
CA_40	Río Illapel	La Higuera, Cocinera	940	0,980	42
CA_41	Río Illapel	Vert. Luna, Hospital, Molino de Cárcamo, Potrero Nuevo	815	4,724	37
CA_42	Río Illapel	Zepedino, Cuz Cuz, Población Los Guindos, San Juan de Dios	589	0,322	39
CA_43	Río Illapel	Inquilinos o Del Bajo, Molino El Peral, Bellavista o Del Alto, Del Medio o Bellavista Bajo	543	0,360	44
CA_44	Río Illapel	Junta El Maitén	8	0,500	25
CA_45	Río Choapa	Coyuntagua Norte, Coyuntagua Sur Uno, Coyuntagua Sur Dos, San Francisco, San Pedro, Doña Juana, Mincha Norte, Mincha Sur Arriba, Mincha Sur Abajo, Matriz de Mincha, Tunga Norte Bajo	439	1,255	33
CA_46	Río Choapa	Salinero, Millahue Uno o Lílenes, Millahue Dos o Los Patos, Los Rulos, San Antonio, Molino de Choapa	1246	2,038	37
CA_4	Río Choapa	Canal Alimentador Corrales		3,500	4

Tabla 9.1-4 Acuíferos

CÓDIGO	VOLUMEN (hm3)	ÁREA (km2)	SHAC DGA	SECTOR
AC_01	0,1	0,9	Choapa Alto	Río Valle o Estero Almendrillo
AC_02	2,1	3,4		Batuco, Río Choapa arriba de confluencia Choapa-Cuncumén
AC_03	12,7	5,8		Cuncumén
AC_04	23,7	4,9		Tranquilla, Río Choapa abajo de Cuncumén
AC_050	22,4	6,7		Chillepín, Río Choapa arriba de Estero Quelén
AC_051	21,1	4,1		Coirón, Río Choapa arriba de Estero Quelén
AC_052	7,7	1,0		Quelén, Río Choapa arriba de Estero Quelén
AC_06	3,0	3,7		Estero Quelén
AC_07	8,0	2,6		Llimpo, abajo de Estero Quelén
AC_08	17,5	5,9		Higuerilla, Río Choapa abajo de sector Panguecillo
AC_09	8,4	1,8		El Queñe, Río Choapa arriba de Salamanca
AC_10	8,3	4,8		Ciudad Salamanca, Río Choapa
AC_11	0,2	3,0	Chalinga	Zapallar, Río Chalinga arriba San Agustín
AC_12	15,1	4,3		Río Chalinga entre San Agustín y Quebrada Cunlagua
AC_13	18,6	8,6		Río Chalinga entre Quebrada Cunlagua y Río Choapa
AC_14	25,7	9,1		El Tambo, Río Choapa abajo de Salamanca

CÓDIGO	VOLUMEN (hm3)	ÁREA (km2)	SHAC DGA	SECTOR
AC_15	36,0	8,8	Choapa Medio	Estero Camisas
AC_16	33,0	10,2		Choapa y Estero Limáhuida
AC_17	27,7	7,5		Choapa entre Estero Limáhuida y Río Illapel
AC_19	3,9	1,1	Illapel	Río Illapel arriba de Río Carén
AC_21	0,3	0,8		Río Illapel abajo de Río Carén
AC_22	3,5	3,2		Río Illapel arriba de bocatoma Canal Cocinera
AC_23	11,1	4,7		Río Illapel entre Huintil y Cárcamo
AC_24	16,6	4,5		Río Illapel entre Quebrada Cárcamo y Estero Aucó
AC_25	11,8	9,8		Ciudad Illapel, Río Illapel
AC_26	0,2	1,1	Choapa Bajo *	El Maitén, Río Illapel arriba confluencia con Choapa
AC_27	19,8	8,2	Choapa Bajo	Choapa entre Río Illapel y Estero Canela
AC_28	46,2	9,3		Huentelauquén, Río Choapa abajo de Estero Canela

* Nota: AC-26 pertenece a la subcuenca de Illapel (no a Choapa Bajo, como lo tiene clasificado la DGA en su cobertura).

9.1.3 Funcionamiento general del modelo WEAP y complementos

El modelo WEAP de gestión de la cuenca del río Choapa recibe como información de entrada las estadísticas de caudales en las cuencas de cabecera y laterales, registradas en estaciones fluviométricas o generadas a partir de modelos de escorrentía, y simula el caudal a lo largo de tramos de río con sus respectivas pérdidas hacia los correspondientes acuíferos, la acumulación del recurso en embalses existentes, la entrega a canales de acuerdo con las políticas de desmarque particulares según lo establecido por la Junta de Vigilancia, las pérdidas desde canales, los caudales entregados a zonas de riego, obteniéndose finalmente el porcentaje de demanda suplida para cada uno de los usos, las variables de estado de embalses y acuíferos durante todo el período de simulación, y las series de tiempo de todas las variables de flujo resultantes entre los diferentes elementos del modelo. Como se ha señalado más arriba, la descripción detallada del modelo de base utilizado se encuentra en el informe final del estudio "Estudio de modelos de gestión de recursos hídricos superficiales y subterráneos, para las cuencas de las provincias de Elqui, Limarí y Choapa" de 2014, y en el informe del estudio "Análisis Modelación de Embalses de Precordillera, Región de Coquimbo" de 2016.

En el presente estudio fue necesario, además, contar con la posibilidad de generar caudales de entrada al modelo, a partir de las forzantes climáticas de precipitación, temperatura y evaporación, para evaluar el efecto del cambio climático. Para ello, se utilizaron tres modelos, como se ha señalado antes:

- un modelo WEAP complementario, llamado también WEAP hidrológico, que genera caudales de entrada en la cabecera de Choapa en Cuncumén, a partir de datos climáticos de precipitación y temperatura. El punto de generación de caudales es coincidente con la estación fluviométrica. Los cambios en la precipitación y temperatura se obtienen de modelos de cambio climático, según se detalla más adelante. Los cambios de precipitación y temperatura obtenidos

de tales modelos, se ingresan en el modelo WEAP hidrológico, para obtener los caudales resultantes en las condiciones de cambio climático asumidas.

- Un modelo de transposición de caudales. Este modelo se aplicó para generar los caudales de cabecera de las subcuencas de Illapel y Chalinga, en escenario de cambio climático, a partir de los caudales generados por el modelo WEAP hidrológico en Choapa en Cuncumén. Para ello, se analizó la relación entre los caudales en las estaciones Illapel en Las Burras y Chalinga en La Palmilla, con la estación Choapa en Cuncumén, en escenario históirico, y se aplicó la misma relación a los caudales en escenario de cambio climático.

- Un modelo simple de generación de escorrentía, llamado MPL, que se alimenta con datos de precipitación y evaporación, el cual se utilizó para las cuencas laterales que aportan caudales bajos. Para los escenarios de cambio climático, ambas variables se obtienen de los modelos de cambio climático.

El modelo WEAP hidrológico, existente para la cabecera de Choapa en Cuncmén, considera un período de calibración de 35 años comprendido entre 1965 y 2000, y un periodo de validación de cinco años, entre 2000 y 2005. Se extendió el período de modelación hasta marzo de 2016, para efectos de igualar el período de modelación con el del modelo WEAP de gestión de la cuenca del Choapa. Este período se utilizó como período de validación, y se observa una buena coherencia de los caudales simulados con los caudales medidos, en este período de hidrología más escasa y sequía.

9.1.4 Cambio a nueva versión oficial de 2016

En agosto del 2015, el Stockholm Environment Institute (SEI), desarrollador del modelo WEAP, liberó una versión oficial, llamada "2015", la cual corresponde a la actualización más importante del programa en los últimos años ya que presenta mejoras significativas en relación con la versión anterior, que serían las siguientes:

- Algoritmo de cálculo más rápido y robusto
- Modelo de glaciares: modelamiento de crecimiento y encogimiento de glaciares
- Interconectividad de acuíferos: se puede vincular un acuífero con otro
- Vinculación de modelos WEAP: posibilidad de caracterizar caudales de entrada de un modelo WEAP en base a caudales de salida de otro modelo WEAP
- Modelo detallado de crecimiento de cultivo Plant Growth Model (PGM): modela el crecimiento diario de los cultivos, evapotranspiración y rendimientos, función de la concentración en CO2, patrón de irrigación, variabilidad en el largo de la estación, temperatura, estrés hídrico, basado en los métodos desarrollados en los modelos SWAT y EPIC
- Áreas de inundación: una fracción del caudal en el río sobre un umbral establecido puede inundar una unidad hidrológica
- Compatible con Windows 10
- Numerosos mejoramientos adicionales, optimizaciones y corrección de errores.

Durante al año 2015, en el marco del proyecto "Análisis modelación embalses de precordillera" el laboratorio PROMMRA de la Universidad de la Serena actualizó estos modelos a la versión 2015 de WEAP.

En agosto 2016, se liberó una nueva actualización del programa WEAP, llamada versión "2016", que aportó algunas modificaciones menores a la versión 2015 y corrigió algunos errores.

Tomando en cuenta esta nueva actualización, la primera actividad realizada con el modelo fue el corroborar la consistencia y mantención de las características de los modelos considerados en esta nueva versión.

Luego de comparar los resultados en ambos modelos y para ambas versiones, se determinó que no existían diferencias en los resultados de las distintas variables de interés, por lo que no fue necesario re-calibrar o modificar el modelo en algunos de sus componentes debido a este cambio de versión.

9.2 ACTUALIZACIÓN DEL MODELO WEAP

El proceso de actualización del modelo de gestión consideró tres procesos básicos. En primer lugar, se actualizaron las series de variables hidrometeorológicas de la cuenca hasta marzo de 2016. Este proceso aplica tanto para las variables de entrada del modelo hidrológico (precipitación y temperatura), como también para aquellas variables secundarías dependientes, las cuales dependen de la precipitación y temperatura en el modelo de gestión (evapotranspiración desde la cobertura vegetal y suelo). Luego se actualizó la serie de desmarques en canales aplicados por la Junta de Vigilancia del río Choapa en el período 2014 − 2016, y finalmente se actualizó el balance de entradas y salidas del embalse Corrales para el mismo período.

El modelo actualizado incluidos todos sus resultados, se encuentra en el Anexo Capítulo 9.2.

9.2.1 Actualización de variables hidrometeorológicas

En particular y a partir de la información disponible en el sistema BNA de la Dirección General de Aguas se descargaron y actualizaron las series de precipitación, temperatura y caudales de las estaciones consideradas en el modelo (Tabla 9.2-1).

Tabla 9.2-1 Estaciones meteorológicas actualizadas hasta marzo de 2016

Estación	Precipitación	Temperatura
Cuncumén	X	
La Tranquilla	X	X
Illapel	X	X
Coirón	X	
Limáhuida	X	
Mincha Norte	X	
Salamanca	X	
San Agustín	X	

En la Tabla 9.2-2 se presenta el listado de estaciones actualizadas, indicando el número de meses con datos para todos los años considerados. Las celdas de color azul intenso indican años completos con información. El año 2016 con 3 datos se considera satisfactorio, dado que el período de modelación finaliza en marzo de 2016.

Tabla 9.2-2 Estaciones fluviométricas actualizadas hasta marzo de 2016 y número de meses con datos para cada año

Años	Estaciones	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ChoC	Río Choapa en Cuncumén	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12	12	12	12	3
CunAJC	Río Cuncumén antes junta río Choapa												5	12	12	12	12	12	12	12	11	12	11	8	12	10	12	3
CunABT	Río Cuncumén antes de bocatoma cana	10	12	12	12	12	12	12	12	11	12	12	12	11	12	4	2											
ChoS	Río Choapa en Salamanca					8	11	12	12	10	11	12	12	12	12	12	12	12	12	6	5	10	12	12	12	7	10	3
ChaSA	Río Chalinga en San Agustín		9	12	12	12	12	12	12	12	12	12	3															
ChaLP	Río Chalinga en La Palmilla		3	12	12	12	12	12	12	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	9	12	11	3
CamD	Estero Camisas en desembocadura	10	11	12	10	12	12	12	12	12	11	12	12	12	9													
ChoL	Río Choapa en Limáhuida																											
ChoPN	Río Choapa en Puente Negro	11	7	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	10	12	12	12	11	12	11	1
ILB	Río Illapel en las Burras	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12	12	12	10	12	9	
IH	Río Illapel en Huintil	12	12	12	10	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12	12	12	12	11	9	3
IEP	Río Illapel en El Peral	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	7	10	12	12	11	7	3
ChoAEC	Río Choapa antes de Estero La Canela	5	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	2	11	3

9.2.2 Actualización de la serie de desmarques aplicados por la Junta de Vigilancia del río Choapa

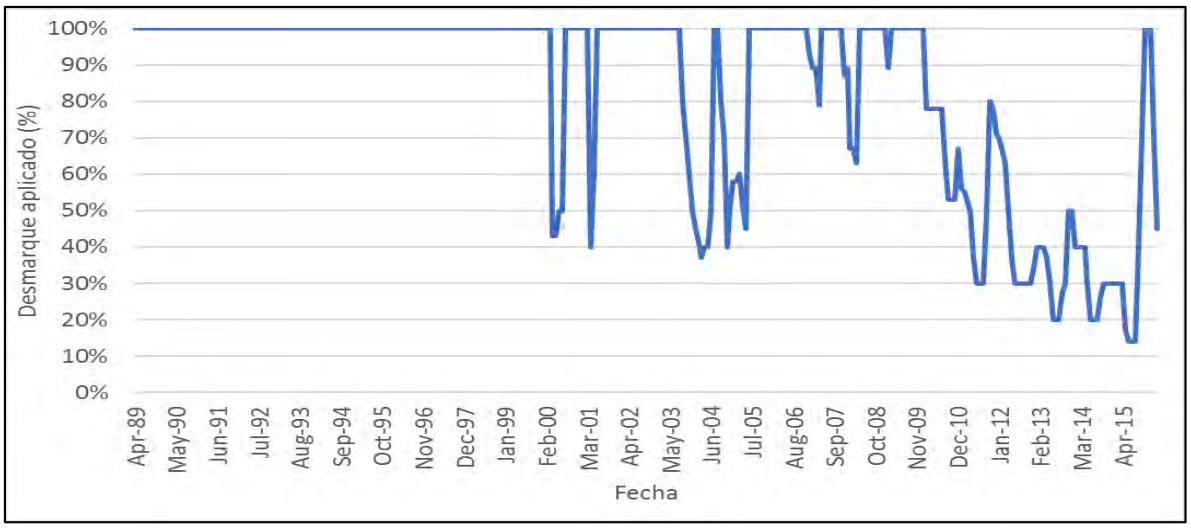
A partir del trabajo conjunto con la Junta de Vigilancia del río Choapa, se pudo extender la serie de desmarques aplicados por la Junta de Vigilancia para el periodo 2014-2016, obteniéndose la serie temporal presentada a continuación. El desmarque se refiere al porcentaje de acción que está disponible para distribución de las aguas a los distintos usuarios, distribución que realiza la Junta de Vigilancia. Corresponde a la aplicación proporcional de los derechos de aprovechamiento de cada usuario sobre los caudales disponibles. El desmarque de los últimos años, solicitado a la Junta de Vigilancia, se presenta en la Tabla 9.2-3.

Tabla 9.2-3 Desmarques históricos Junta de Vigilancia Choapa período 2012-2017

DESMARQUES HISTORICOS JVRCH %						
AÑOS	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**
ENERO	70	40	40	30	100	100
FEBRERO	67	40	40	30	70	80
MARZO	63	40	40	30	45	80
ABRIL	50	37	40	30	45	
MAYO	37	30	30	17	45	
JUNIO	30	20	20	14	70	
JULIO	30	20	20	14	80	
AGOSTO	30	20	20	14	100	
SEPTIEMBRE	30	27	26	40	100	
OCTUBRE	30	30	30	70	100	
NOVIEMBRE	30	50	30	100	100	
DICIEMBRE	34	50	30	100	100	

Esta serie de porcentajes aplicados sobre los derechos de aprovechamiento existentes en los distintos canales administrados por la Junta genera finalmente el forzante (serie de desmarques) mediante el cual es distribuido el recurso entre los distintos usuarios, ahora para todo el periodo de modelación (1990-2016), tal como se presenta en la Figura 9.2-1 a continuación.

Figura 9.2-1 Serie de desmarques aplicados por la Junta de Vigilancia Choapa en todo el período de modelación



9.2.3 Actualización del balance de entradas y salidas en embalse Corrales

Con el objeto de representar el caudal aportante de la subcuenca aguas arriba del embalse Corrales (sin monitoreo de caudales), es necesario conocer en detalle el balance de aguas del embalse, dado que las variables de respuesta de interés de modelación, tales como volumen embalsado y caudal entregado para riego dependen tanto de los aportes del canal alimentador del embalse, como también de la hidrología de la cuenca aguas arriba de la obra.

Es así como también gracias a la colaboración de la Junta de Vigilancia del río Choapa se pudo acceder al detalle de la operación de dicho embalse, pudiendo extender las series de caudales entrantes y salientes del embalse y conocer las dinámicas específicas que explican su operación. Se consideraron los siguientes componentes de este balance:

- Entradas
  - Caudal entrante vía canal alimentador
  - Caudal natural de la cuenca aportante al embalse (calculado)

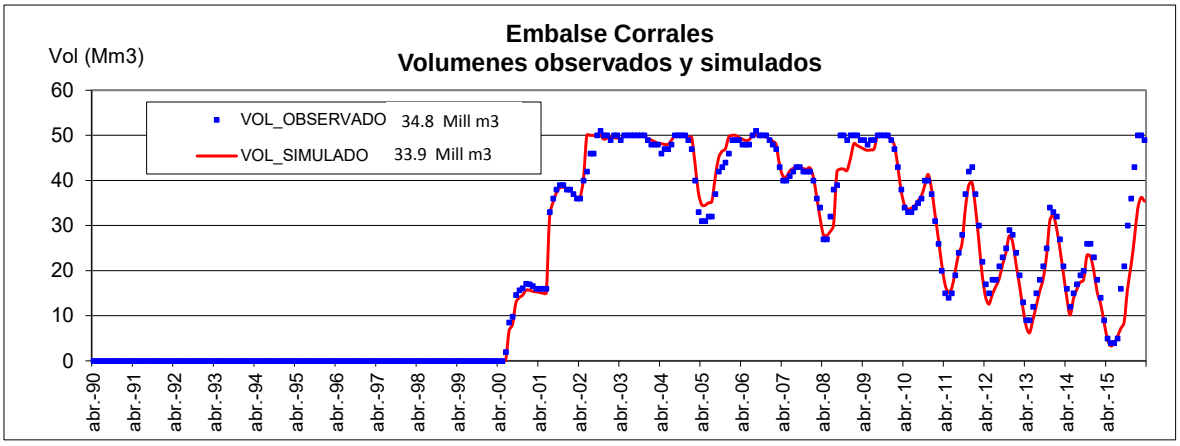
- Salidas
  - Evaporación
  - Derrames y filtraciones
  - Entrega para riego al río Choapa

- Volumen embalsado

A partir de este cálculo, se pudo representar correctamente la operación del embalse, en lo que respecta tanto al volumen embalsado, como las entradas y salidas consideradas en el modelo.

La Figura 9.2-2 presenta el resultado de este proceso para el volumen del embalse Corrales, en todo el periodo de modelación.

Figura 9.2-2 Volumen observado y modelado para el embalse Corrales



Destaca el excelente ajuste de la serie de volumen modelado respecto al observado para todo el período.

9.3 CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO

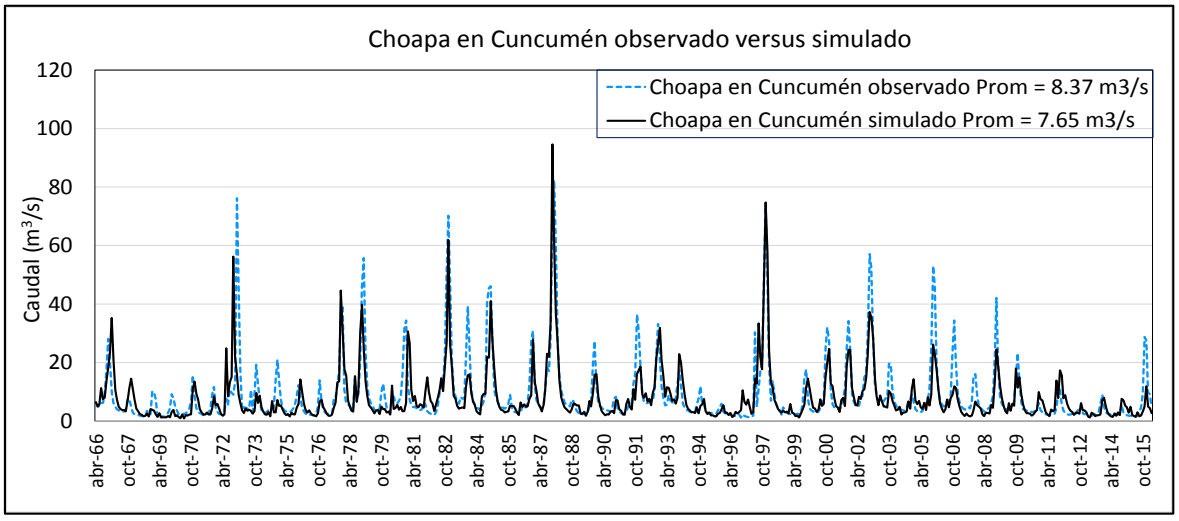
Se calibraron los dos modelos WEAP, el hidrológico y el de gestión.

9.3.1 Calibración del modelo WEAP hidrológico

Un primer aspecto relativo a la calibración del modelo, es el revisar la manera en que el modelo hidrológico está representando la hidrología de cabecera del río Choapa en Cuncumén, a partir de las forzantes climáticas.

En la Figura 9.3-1 se presenta la serie de tiempo de caudal observado, y modelado para la estación Choapa en Cuncumén a partir de este modelo WEAP hidrológico, para el período 1965-2016.

Figura 9.3-1 Caudal observado y simulado en estación Choapa en Cuncumén en período histórico



La subestimación de los caudales peak que es posible observar en la Figura 9.3-1, corresponde a la relativa incapacidad del modelo WEAP hidrológico de reproducir simultáneamente la ocurrencia tanto de caudales máximos, como de los caudales de estiaje, respecto a lo observado en la estación de control fluviométrico de Choapa en Cuncumén. Por esta razón, en la calibración de este modelo se dio preferencia a una buena representación de los caudales bajos, para asegurar la gestión durante los períodos más críticos.

Al afectar de igual manera a todos los escenarios futuros (salvo el escenario futuro base), el efecto de esta subestimación se minimiza al efectuar comparaciones entre escenarios, como las que se realizan para hacer las evaluaciones económicas. Todas las comparaciones se realizaron sobre el escenario de cambio climático moderado.

También hay que considerar que al tratarse de caudales máximos, ellos en general no son retenidos en la cuenca, sino que aumentan las salidas al mar, sin afectar la gestión. Tampoco son retenidos en embalses relativamente pequeños, como el de cabecera que se explora más adelante, el cual permanece lleno salvo en sequías, de modo que esta subestimación no afecta mayormente la gestión, ni siquiera en el escenario con embalse de cabecera.

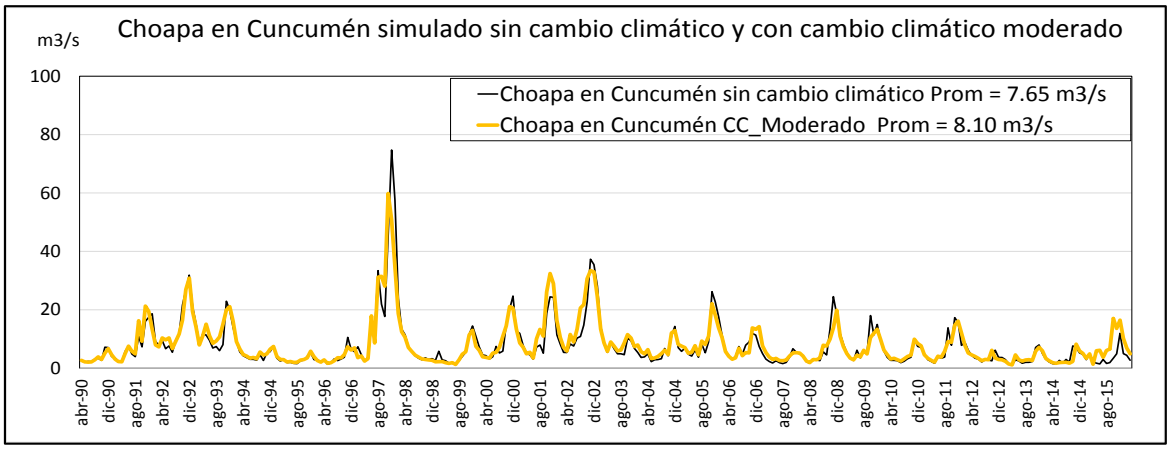
No obstante lo señalado, esta subestimación es una limitación del modelo, que debe ser considerada, por ejemplo, en el momento de evaluar con el modelo diferentes tamaños de embalses. Obviamente la existencia de crecidas más grandes que las asumidas permitirían considerar embalses más grandes. También puede tener el efecto de subestimar los beneficios de un embalse grande como Canelillo.

Sin embargo, la imprecisión introducida por este efecto es una de las muchas imprecisiones de que adolece un modelo. Por esa razón, sus resultados no cosntituyen una verdad absoluta, son que solamente un apoyo para las decisiones.

En todo caso, dada esta situación, se estará por el lado conservador del análisis, ya sea hídrico o económico.

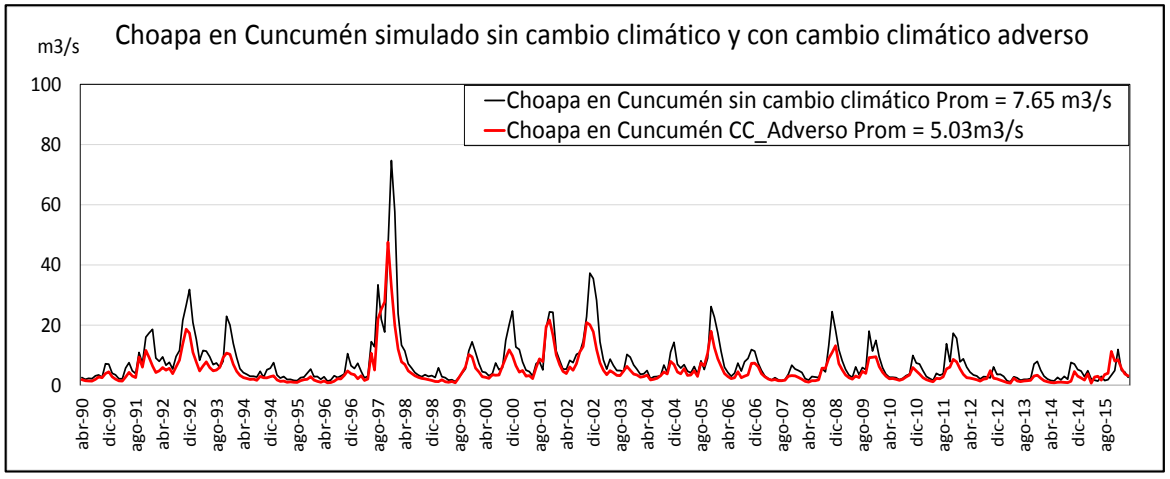
El modelo WEAP hidrológico (hidrología de cabecera) fue operado también para generar las series de caudales de entrada desde las cuencas de cabecera, en los escenarios de cambio climático moderado y severo (Figuras 9.3-2 y 9.3-3)

Figura 9.3-2 Caudal Choapa en Cuncumén simulado sin cambio climático y con cambio climático moderado



Se observa que el cambio climático moderado no genera grandes modificaciones en la estadística, en relación con la estadística sin cambio climático. El valor promedio de la estadística incluso es algo superior al promedio sin cambio climático.

Figura 9.3-3 Caudal Choapa en Cuncumén simulado sin cambio climático y con cambio climático adverso



El cambio climático adverso, en cambio, introduce reducción de peaks y adelantamiento del deshielo.

9.3.2 Calibración del modelo WEAP de gestión

Se cuenta con el escenario de calibración, que es el escenario base histórico, y se simula para el período abril 1990 - marzo 2016.

El conjunto de planillas de resultados para el escenario de calibración se encuentra en el Anexo Capítulo 9.3.

La evaluación técnica de este escenario y de todos los demás escenarios, se realiza a partir de una metodología de extracción y análisis de resultados (Orphanópoulos y Dumoulin, 2015), que abarca, hace visibles y relaciona todos los resultados que el modelo genera para sus distintos elementos y variables, desde la perspectiva del balance de masa y procesos asociados a cada elemento (zonas de riego, acuíferos, canales, embalses, aguas superficiales).

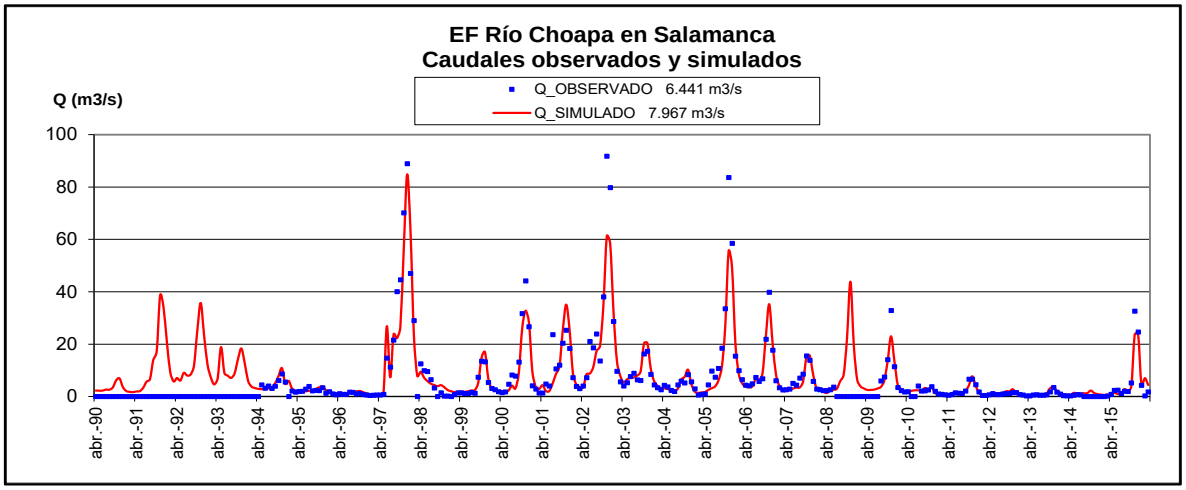
Los resultados que el modelo entrega se agrupan en una forma lógica, esto es, en grupos de variables relacionadas, las cuales se presentan en un solo o varios gráficos asociados, como series de tiempo, lo que permite comparar fácilmente el comportamiento de los diferentes elementos entre ellos, y también, comparar el comportamiento de un determinado elemento en diferentes escenarios de modelación. Esto no sólo facilita la interpretación de los resultados como conjunto, sino que también permite verificar la integralidad y robustez de la modelación.

Para el modelo calibrado en el periodo abril 1990 - marzo 2016, se presentan a continuación las diferentes planillas que contienen todos los resultados de la modelación. Las planillas se refieren a la calibración superficial y de embalses, calibración subterránea, balance de zonas de riego, balance de canales, balance de acuíferos, y salidas al mar.

a) Calibración superficial

La calibración de la hidrología superficial considera el ajuste de los caudales modelados respecto a los caudales observados en distintas estaciones de control fluviométrico en la cuenca. Dado que el modelo de gestión considera como aportes en las cabeceras las series de caudal observado, se busca que el modelo mantenga una buena representación del sistema en las estaciones fluviométricas afectadas por la operación de los distintos usuarios de la cuenca, así como también aquellas que consideran los aportes hidrológicos de las cuencas intermedias y dinámicas de recarga de acuíferos y afloramientos. A continuación, en las Figuras 9.3-4 a 9.3-8 se presentan los resultados de la calibración para estaciones seleccionadas.

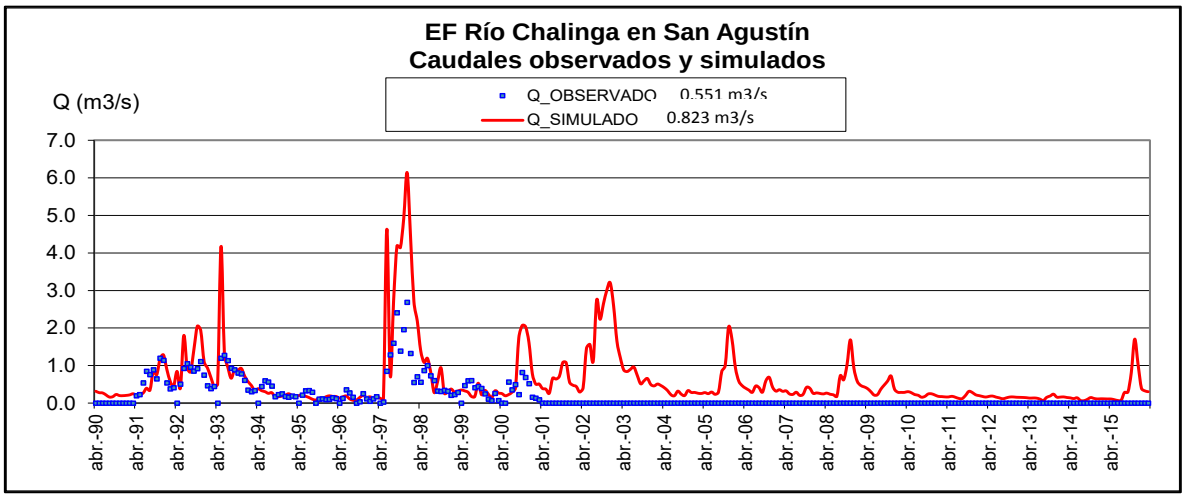
Figura 9.3-4 Caudal observado y modelado en la estación Río Choapa en Salamanca



La subestimación de los peaks se debe a lo mencionado antes, que es la limitación del modelo para representar siempre adecuadamente tanto los peaks como los estiajes. En este caso, se calibró el modelo prefiriendo una buena representación de los estiajes, de modo de mantenerse por el lado de la seguridad. El hecho de despreciar la exactitud en la representación de los peaks, no afecta mucho el análisis cuando se hace una comparación de resultados entre dos escenarios en los cuales la situación es la misma.

Puede afectar, como se señaló antes, cuando el modelo se usa para dimensionar el tamaño óptimo de embalses, puesto que son justamente las crecidas las que permiten encontrar esta dimensión. El uso del modelo, en todo caso, es indicativo y está concebido como un apoyo a la gestión, y no al diseño de grandes obras.

Figura 9.3-5 Caudal observado y modelado en la estación Río Chalinga en San Agustín



Esta estación no se pudo calibrar mejor, quedando aparentemente sobreestimados los caudales altos. En vista de que los caudales afluentes a la subcuenca de Chalinga en La Palmilla en el modelo, son exactamente los caudales observados en Chalinga en La

Palmilla, y no hay actividades que puedan explicar una reducción de caudal mayor a la simulada entre La Palmilla y San Agustín, se asume que puede haber habido problemas con el registro observado de caudales altos en San Agustín, en la época en que hubo mediciones, que por lo demás, es muy corta (1991 a 2001). Se habría registrado un caudal menor al efectivamente escurrido. Lamentablemente no hay estaciones de control aguas abajo, hasta Choapa en Puente Negro. Sin embargo, esta estación calibra bastante bien, aunque con caudales mucho mayores.

Figura 9.3-6 Caudal observado y modelado en la estación Río Choapa en Puente Negro

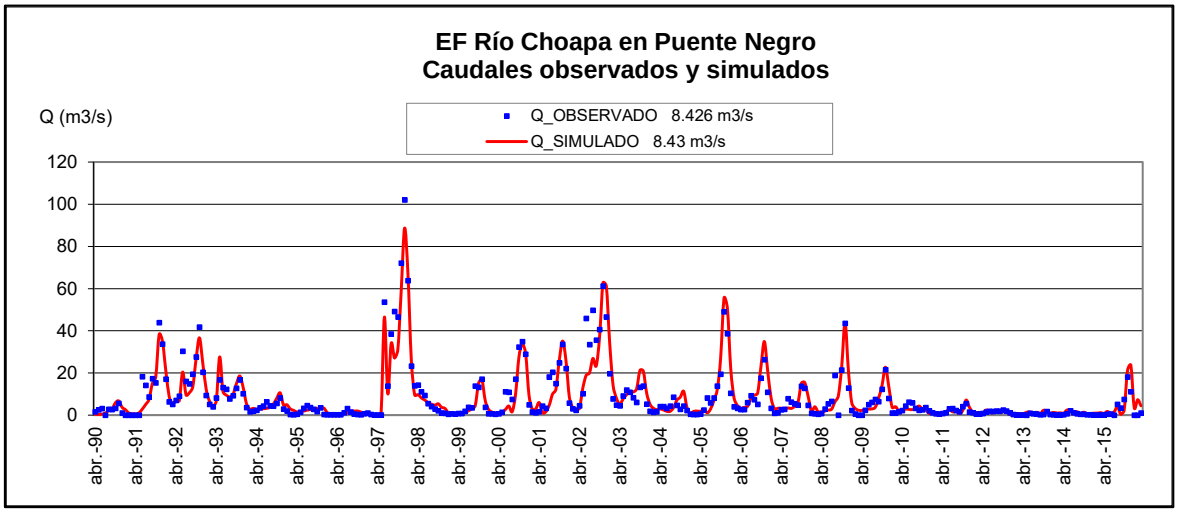


Figura 9.3-7 Caudal observado y modelado en la estación Río Illapel en El Peral

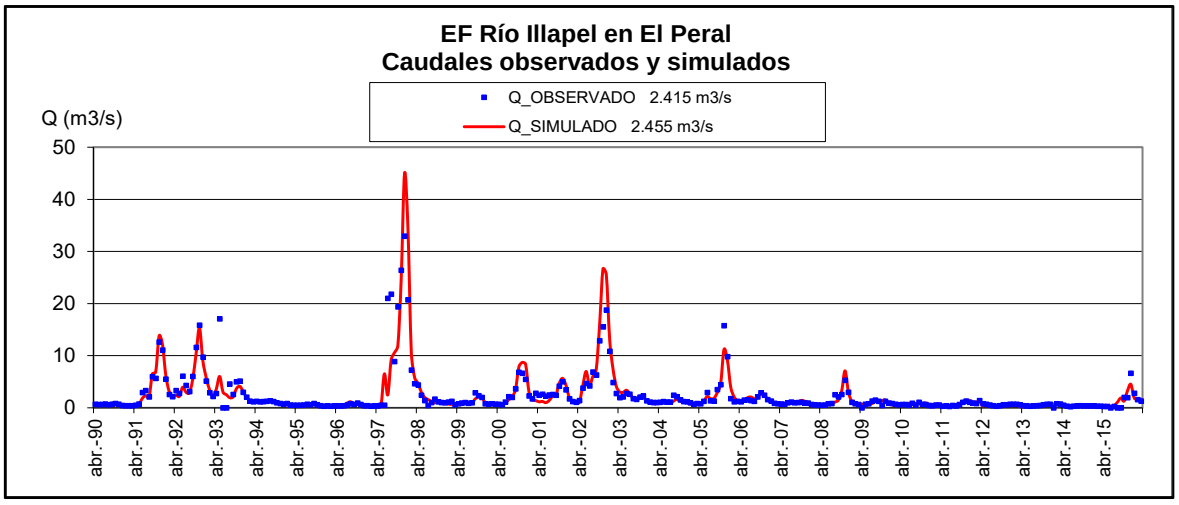
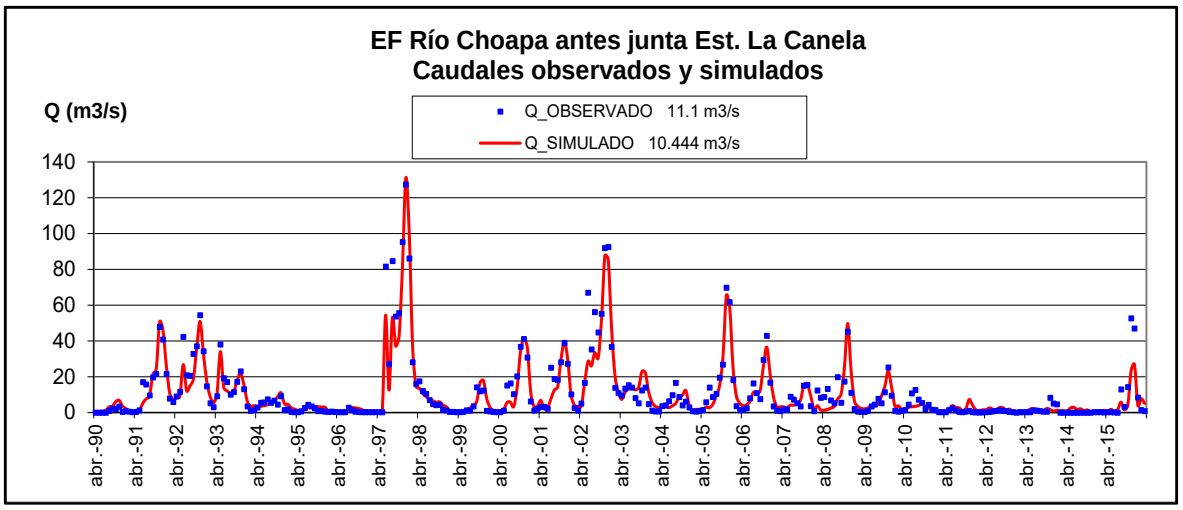


Figura 9.3-8 Caudal observado y modelado en la estación Río Choapa antes junta Estero La Canela



Para todas las demás estaciones, si bien existen diferencias entre el caudal modelado y el registrado por las estaciones fluviométricas, se considera que el modelo representa en forma adecuada los caudales superficiales.

b) Calibración de embalses

Adicionalmente a los cursos superficiales, la calibración debe representar adecuadamente el comportamiento de los embalses. Se presenta a continuación los resultados de modelación para los embalses presentes en la cuenca (Figuras 9.3-9 y 9.3-10).

Figura 9.3-9 Volumen observado y simulado en el embalse Corrales

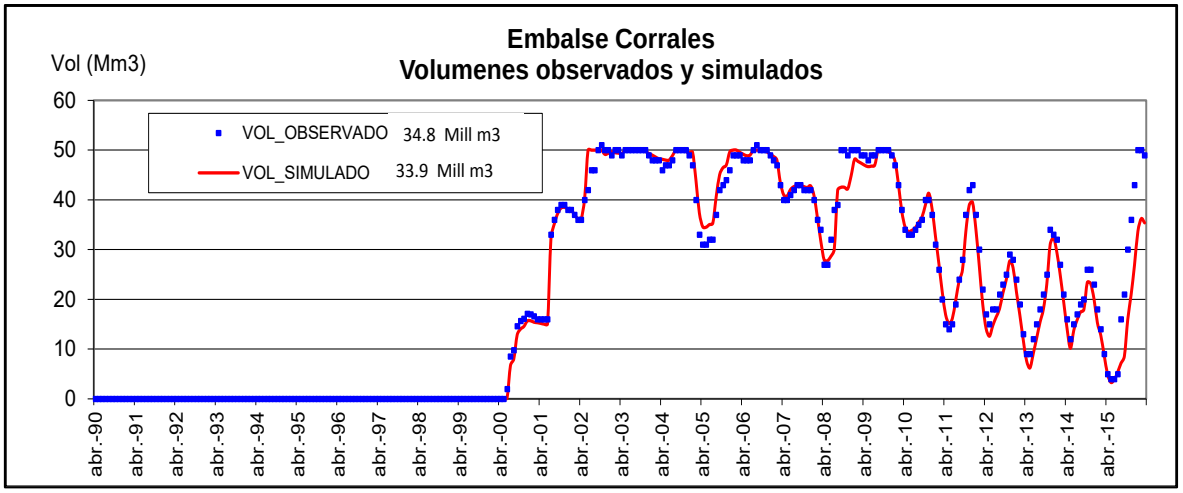
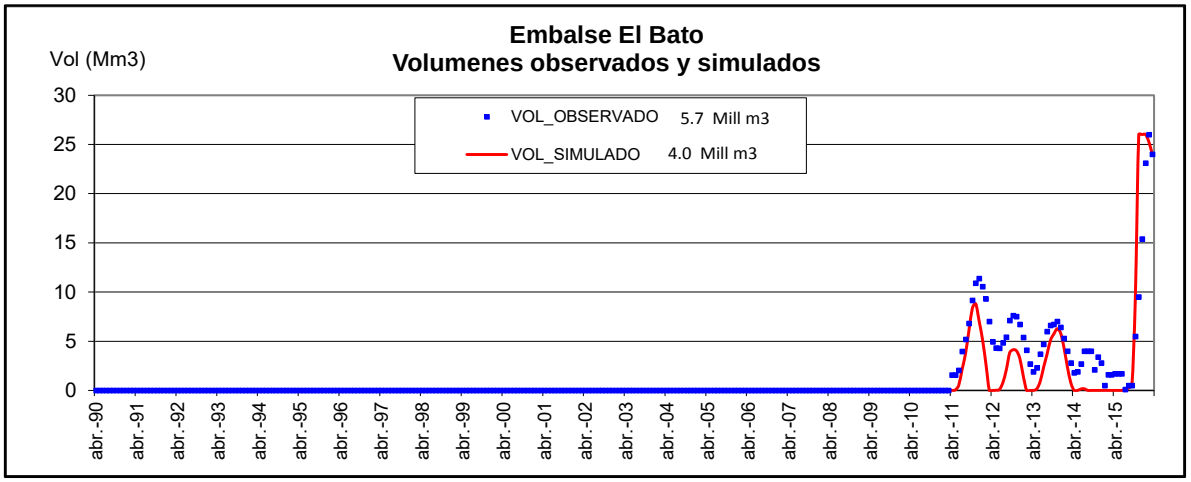


Figura 9.3-10 Volumen observado y simulado en el embalse El Bato

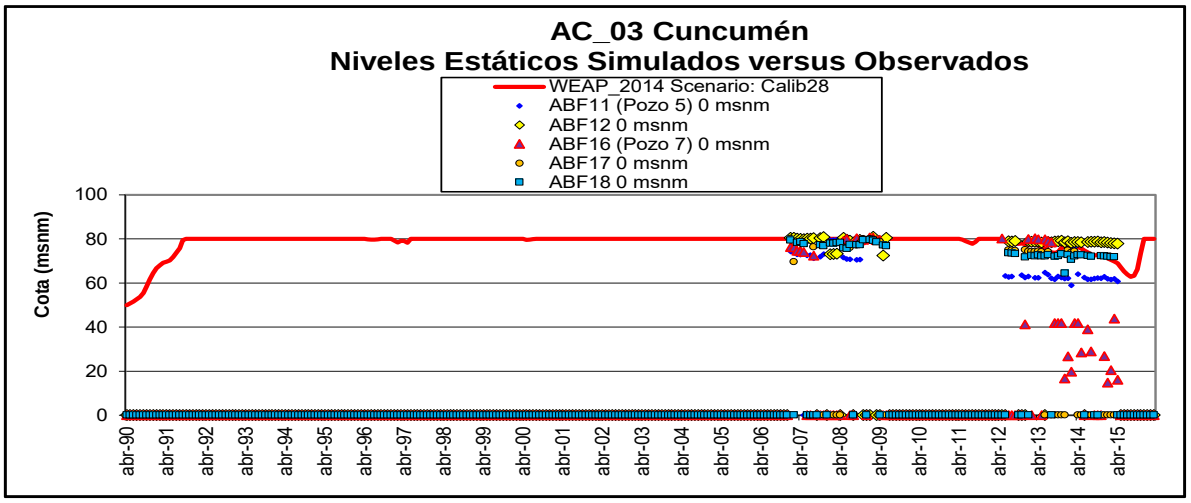


A partir de estos resultados, es posible concluir que el modelo posee una adecuada representación de las dinámicas de llenado, almacenamiento y entrega de agua de los embalses existentes en la cuenca.

c) Calibración de aguas subterráneas

Para cada unidad de acuífero definido en el modelo, se genera una historia de volúmenes, que traducidos a niveles, se pueden comparar con los niveles registrados. Hay registro de niveles en los acuíferos Cuncumén, Tranquilla, Chillepín, Panguecillo-Higuerillas, El Queñe, El Tambo, Illapel y Huentelauquén. Como ejemplo de la forma en que el modelo calibrado se ajusta a la realidad, se presentan las siguientes Figuras 9.3-11 a 9.3-14.

Figura 9.3-11 Niveles estáticos observados y simulados en el acuífero AC_03 Cuncumén



En esta figura se aprecia que el modelo representa de manera satisfactoria el descenso durante al sequía de varios de los pozos monitorieados. Para el pozo 7 (ABF 16) las mediciones muy bajas parecen ser de niveles dinámicos, dado que en el mismo período de tiempo hay mediciones mucho más altas también.

Figura 9.3-12 Niveles estáticos observados y simulados en el acuífero AC_08 Panguecillo-Higuerillas

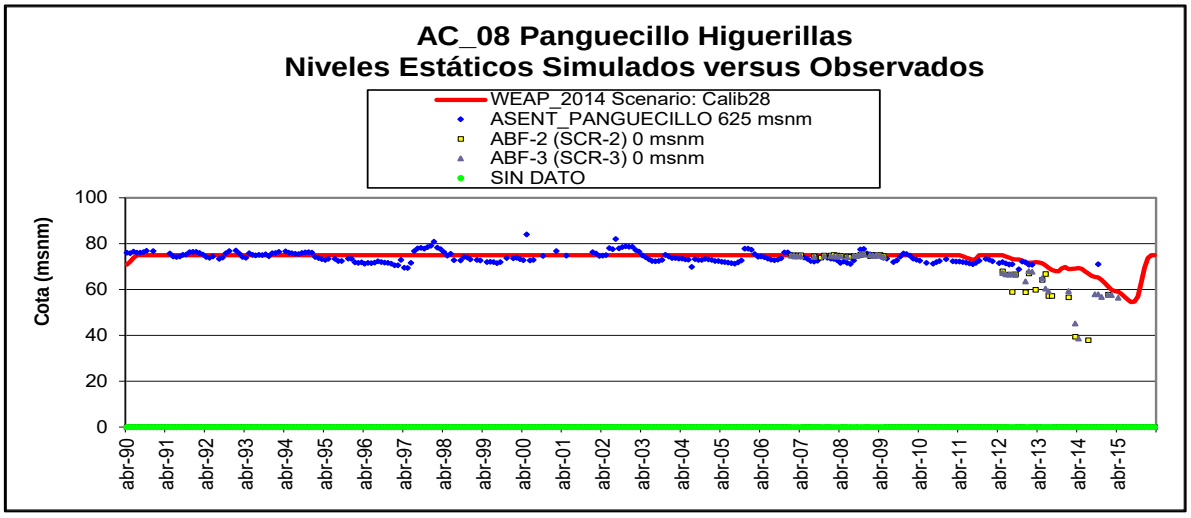


Figura 9.3-13 Niveles estáticos observados y simulados en el acuífero AC_09 El Queñe

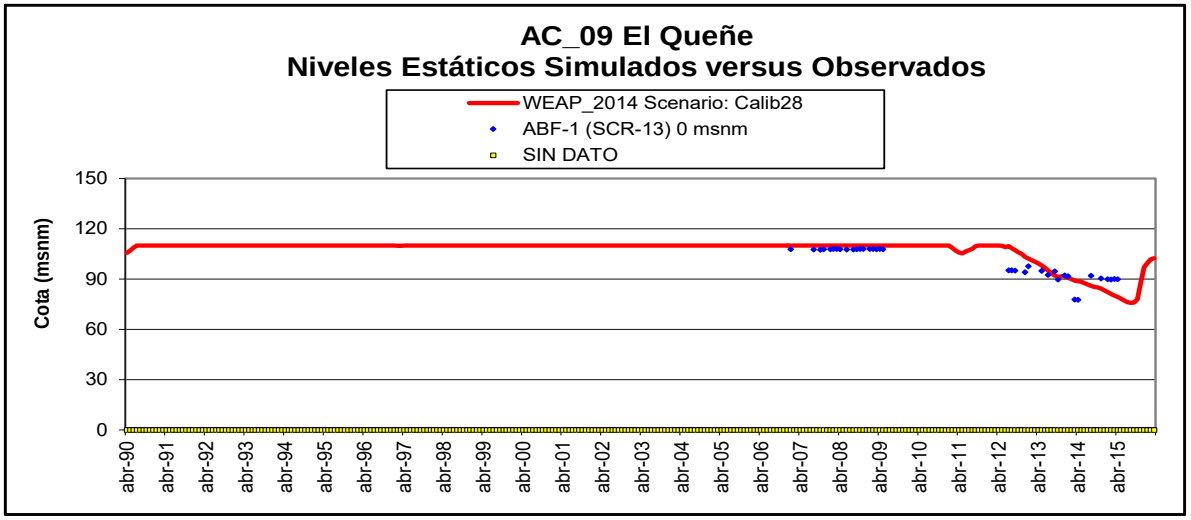
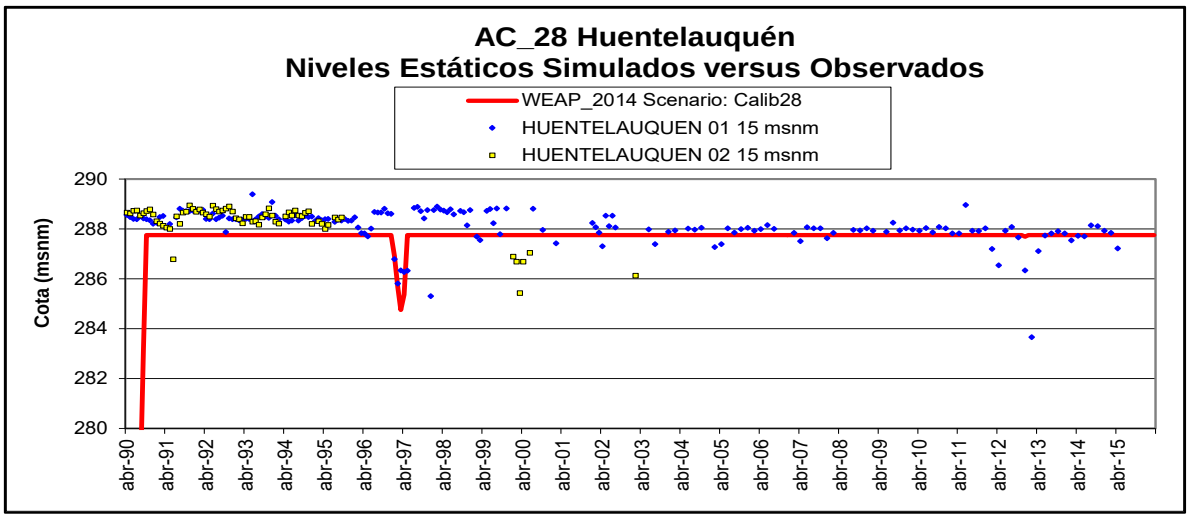


Figura 9.3-14 Niveles estáticos observados y simulados en el acuífero AC_28 Huentelauquén

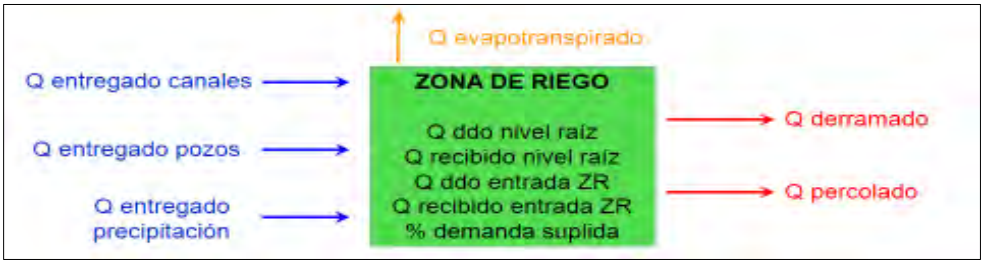


9.3.3 Balances en período de calibración

a) Balance en zonas de riego

Esta planilla contiene, para cada zona de riego, las series de todas las variables relacionadas con ella. Se configura una hoja por cada zona de riego, manteniendo igual el formato de datos, el código de color de las distintas variables y el formato de los gráficos, para todas las zonas de riego. Las variables y resultados son los que se muestran en la Figura 9.3-15 adjunta.

Figura 9.3-15 Balance zona de riego



De este modo, se trabajó con un período histórico desde abril 1990 a marzo de 2016. Como ejemplo de este tipo de resultados, se presenta a continuación el balance para la zona de riego 08, donde se muestra el caudal demandado y recibido en la zona de riego, el porcentaje de cobertura logrado (Figura 9.3-16), así como también el detalle de las entregas de los distintos canales que aportan en el área (Figura 9.3-17), y lo que la forma en que se distribuye el agua entregada entre evapotranspiración, percolaciones y derrames (Figura 9.3-18).

Figura 9.3-16 Porcentaje de demanda de riego suplida a partir del caudal demandado y entregado en la zona de riego ZR_08

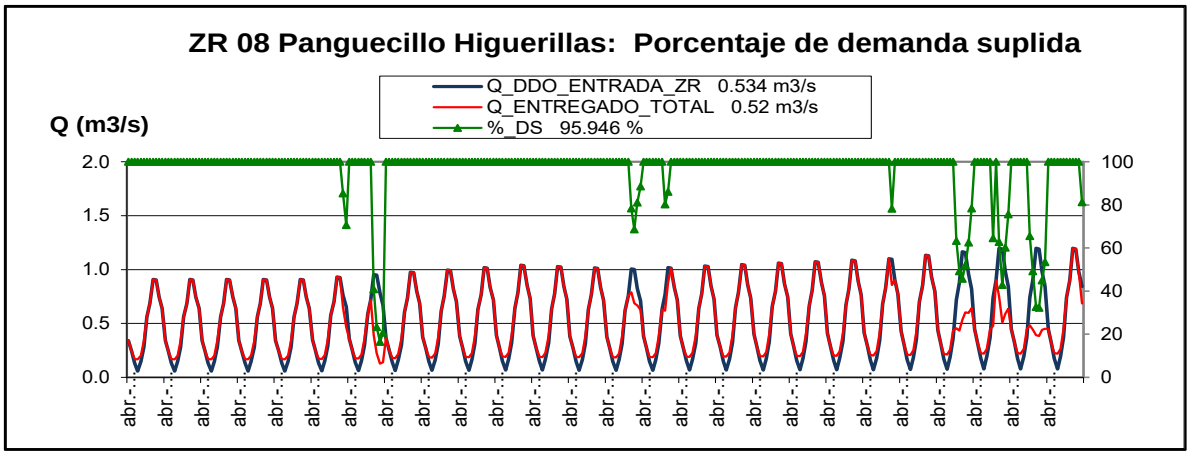


Figura 9.3-17 Detalle de la entrega de agua por canal a la zona de riego ZR_08

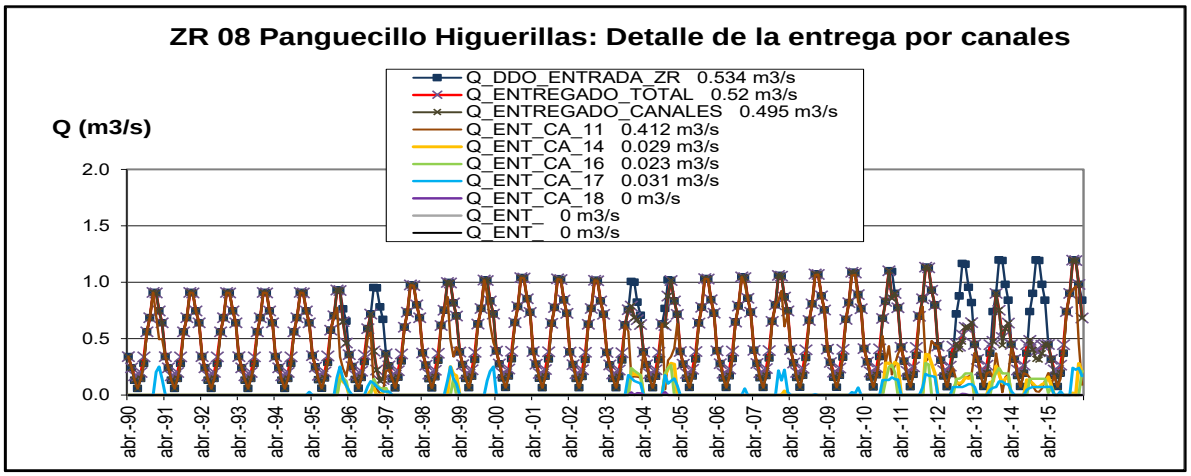
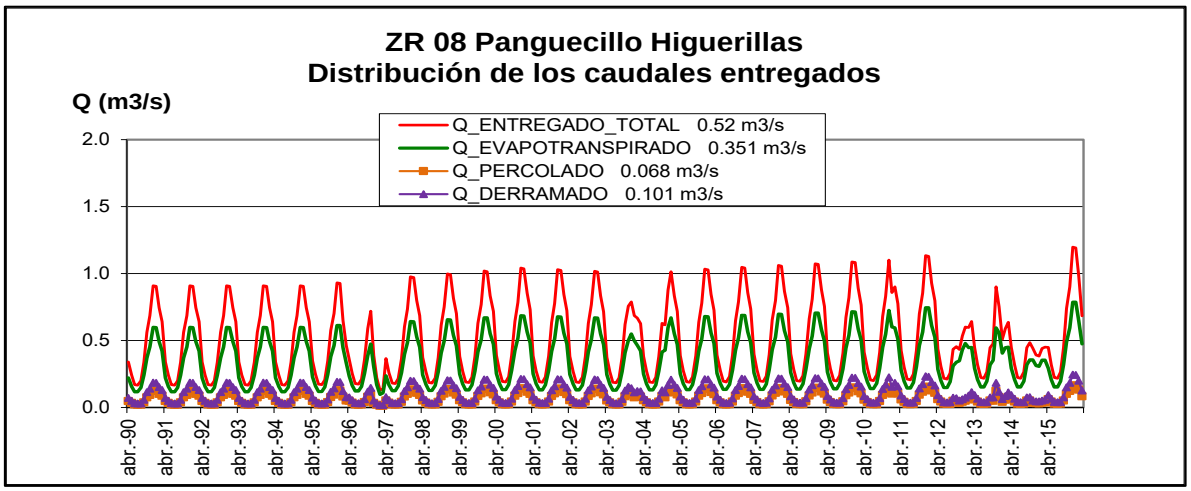


Figura 9.3-18 Distribución del agua entregada a la ZR_08



b) Balance de acuíferos

Esta planilla contiene, para cada acuífero representado en el modelo, las series de todas las variables relacionadas con él. Se configura una hoja por acuífero, manteniendo igual el formato de datos, el código de color de las distintas variables y el formato de los gráficos, para todos los acuíferos. Las variables son las que se presentan en la Figura 9.3-19.

Figura 9.3-19 Balance de un acuífero



Se presentan a modo de ejemplo, los resultados para el acuífero AC_08, Higuerillas, asociado a la zona de riego antes descrita. En la Figura 9.3-20 se puede apreciar la importancia de cada fuente de recarga, y la recarga disponible. En la Figura 9.3-21 se grafica la cantidad de recarga que efectivamente ingresa al acuífero, en comparación con la recarga disponible.

En la Figura 9.3-22 se muestran los caudales extraídos para los diferentes usos en el escenario, y finalmente, en la Figura 9.3-23, se puede apreciar la variación de volumen modelada en el acuífero. Cuando hay mediciones de nivel, se puede comparar ambas (como se hizo para lacalibración), habiendo modificado previamente el dato de volumen que entrega el modelo, en un dato de altura de agua para el acuífero correspondiente, dada su geometría y coeficiente de almacenamiento.

Figura 9.3-20 Recarga disponible por fuente para el acuífero AC_08

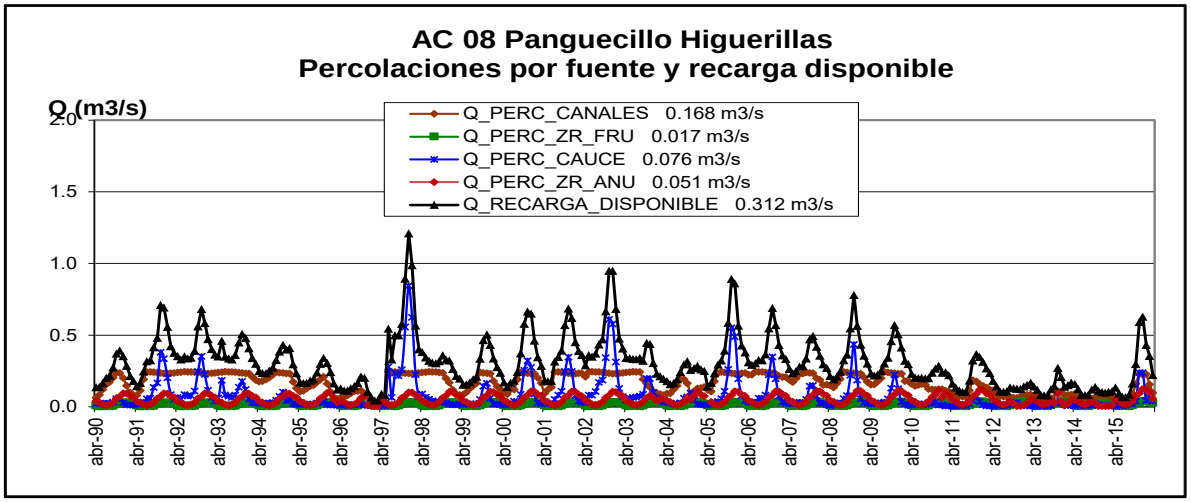


Figura 9.3-21 Comparación de recarga disponible y recarga efectiva o neta

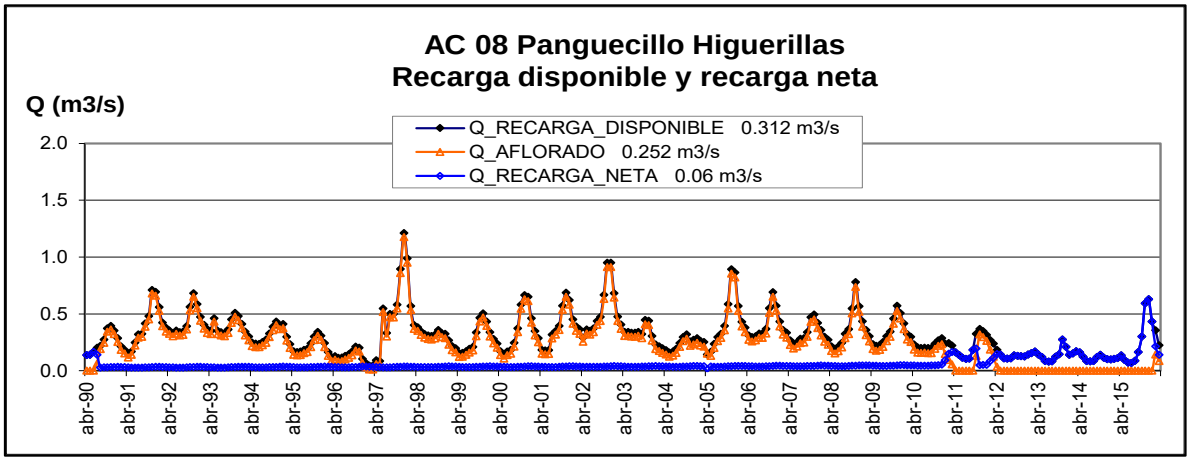


Figura 9.3-22 Caudales extraídos del acuífero 08

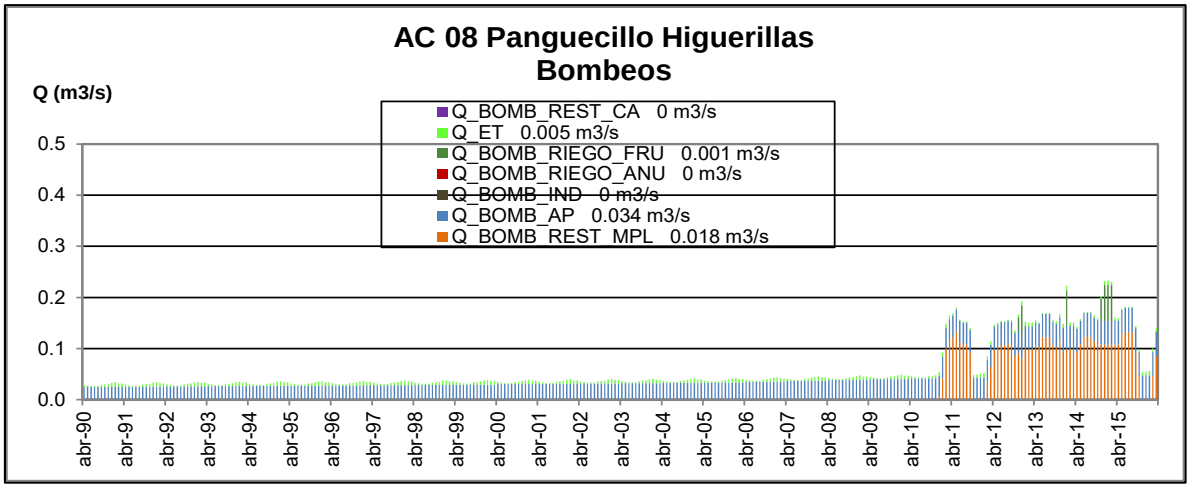
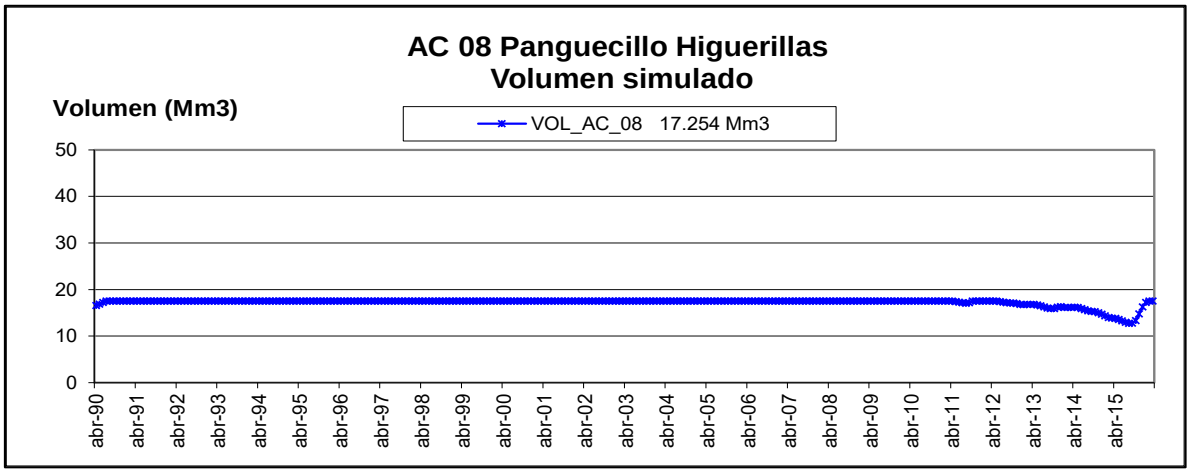


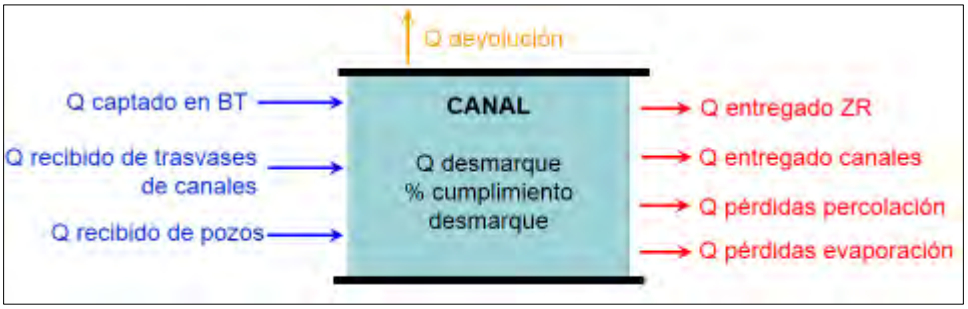
Figura 9.3-23 Variación de volumen en el acuífero



c) Balance en canales

Esta planilla contiene, para cada canal, las series de todas las variables relacionadas con él. Se configura una hoja por canal modelado, manteniendo igual el formato de datos, el código de color para las distintas variables y el formato de gráfico, para todos los canales. Las variables son las que se presentan en la Figura 9.3-24.

Figura 9.3-24 Balance en un canal



Siguiendo con la presentación de resultados, se muestra a continuación como ejemplo el balance del canal CA_11, Silvano, uno de los canales abastecedores de la zona de riego ZR 08 presentada anteriormente.

Para los canales se puede ver el caudal captado, las pérdidas a lo largo de su trayecto, los caudales entregados a cada zona de riego, el caudal sobrante al final del trayecto, o devolución (debido a que no se capta la demanda sino que el desmarque). Ello se presenta en las siguientes Figuras 9.3-25 y 9.3-26.

Figura 9.3-25 Balance de entradas y salidas para el canal CA_11 Silvano

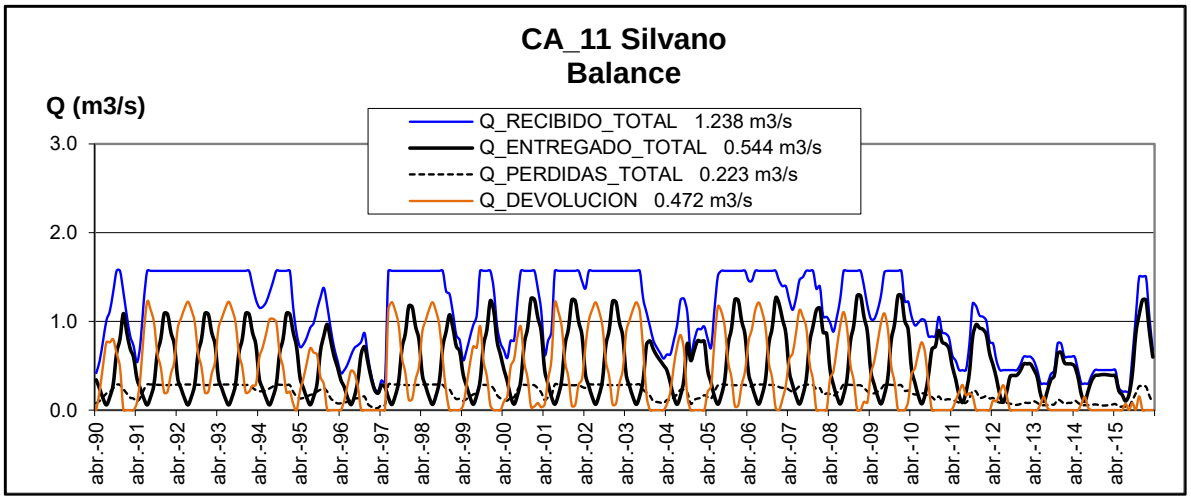
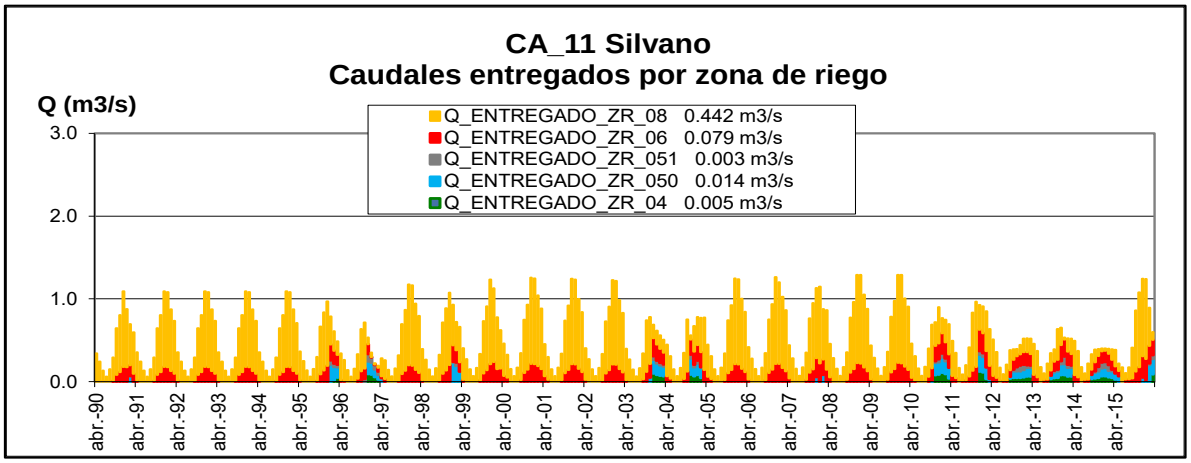


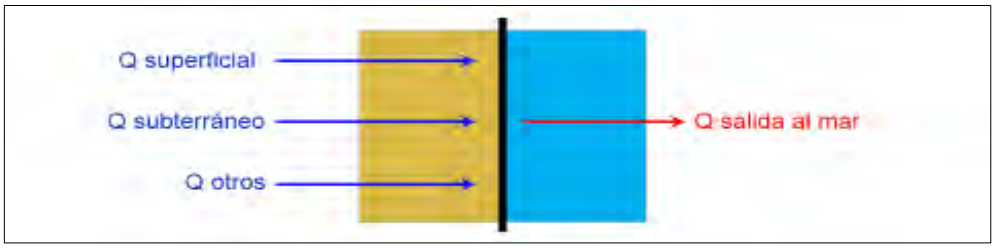
Figura 9.3-26 Detalle de los caudales entregados por el canal CA_11 a cada zona de riego



d) Salida al mar

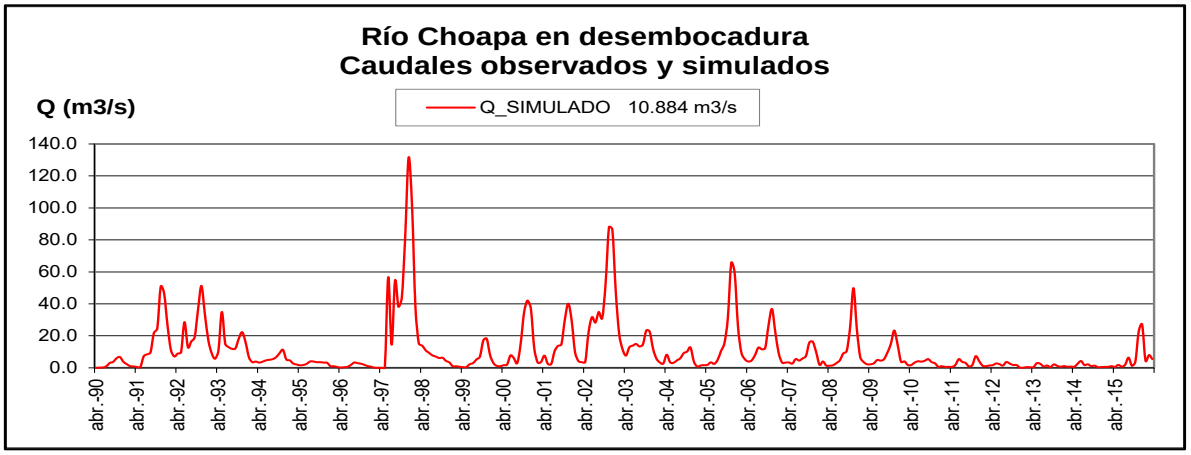
Esta planilla presenta la suma de todos los caudales que configuran el caudal de salida desde la cuenca modelada, que puede ser al mar, o a una estación fluviométrica de control de salida. Este caudal tiene interés para evaluar el efecto de retención del recurso hídrico que tienen las diversas medidas de aumento de eficiencia en el uso del agua, estructurales o no estructurales, que se prueban con los diferentes escenarios de un modelo. Las variables involucradas son las de la Figura 9.3-27.

Figura 9.3-27 Caudal de salida al mar



Para el caso de la cuenca del río Choapa, y a partir del cálculo de los distintos elementos considerados, se tiene, para el periodo de simulación considerado, un caudal promedio de salida de la cuenca de 11.02 m^3/s. Este caudal presentan gran variacón interanual, dependiendo de las características hidrológicas, reconociéndose las fuertes crecidas del año 97, y las sequías de los años 1994-98 y 2010-2015 (Figura 9.3-28).

Figura 9.3-28 Caudal de salida de la cuenca del río Choapa



A partir de esta situación de base, con un modelo calibrado capaz de representar esta diversidad de resultados para todo el periodo de modelación, es posible afirmar que se cuenta con un modelo que representa de buena manera las condiciones de base sobre las cuales evaluar escenarios alternativos de desarrollo y de cambio en las condiciones de contexto, tales como escenarios de cambio climático, mejora tecnológica y nueva infraestructura.

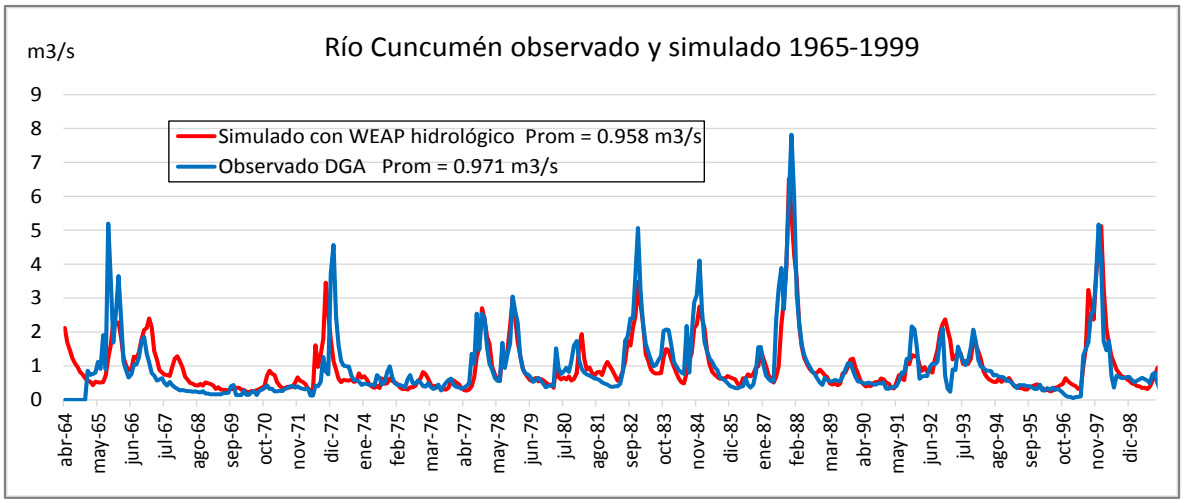
9.3.4 Particularidad de la cuenca del río Cuncumén

Este análisis se incluye a expresa solicitud de los interesados, y para mostrar la utilidad del modelo frente a una pregunta concreta de disponibilidad.

La cuenca del río Cuncumén cuenta con observaciones de régimen natural por parte de la DGA, a partir de enero de 1965. Hasta el año 1999, la estadística observada corresponde al aporte total, inalterado, desde la cuenca del río Cuncumén.

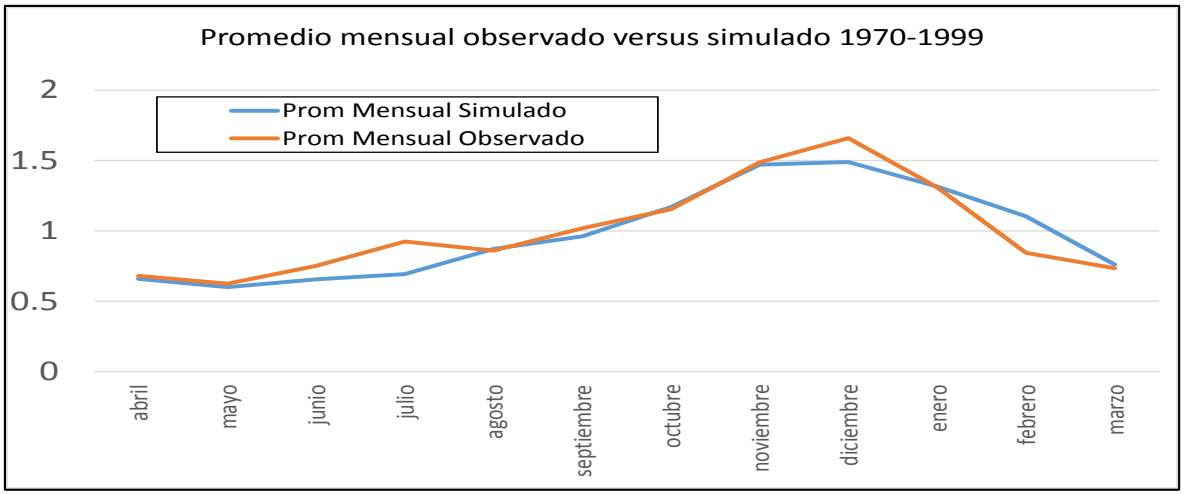
Para este período, en el estudio "Análisis de la vulnerabilidad futura de la Cuenca del río Choapa y estero Pupío" realizado para Antofagasta Minerals del año 2012, el CCG de la UC calibró un modelo WEAP hidrológico, que reproduce este régimen natural. La forma en que el WEAP reproduce el régimen a nivel de serie mensual, se puede apreciar en la siguiente Figura 9.3-29. Las estadísticas se entregan en la planilla Excel Cuncumén antes Choapa del Anexo Capítulo 9.3.

Figura 9.3-29 Régimen observado y simulado en Cuncumén antes junta río Choapa período 1965-1999



Según se puede observar en esta figura, la simulación resulta razonable tanto en crecidas como en estiaje, con promedios muy similares para el total del período, que difieren sólo en 13 l/s. Excluyendo los años de sequía entre 1966 y 1968, del análisis se obtiene la comparación del promedio mensual para ambas estadísticas, de la Figura 9.3-30.

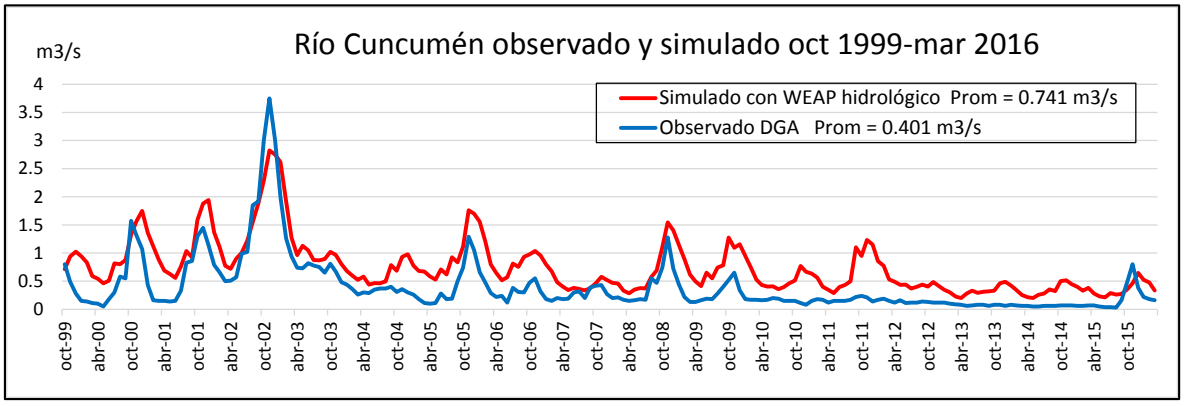
Figura 9.3-30 Comparación promedio mensual observado y simulado, 1970-1999



Según se puede apreciar, el régimen modelado resulta bastante similar al régimen observado, salvo en los meses de julio y octubre, donde es más conservador, y en Febrero, mes en que sobreestimaría el régimen, en relación con lo medido.

A partir octubre de 1999, y hasta la actualidad, el régimen observado está alterado por las extracciones de MLP, lo que se aprecia en la siguiente Figura 9.3-31, en la que se compara ambos regímenes, que ya no son coincidentes. Los promedios difieren en 340 l/s.

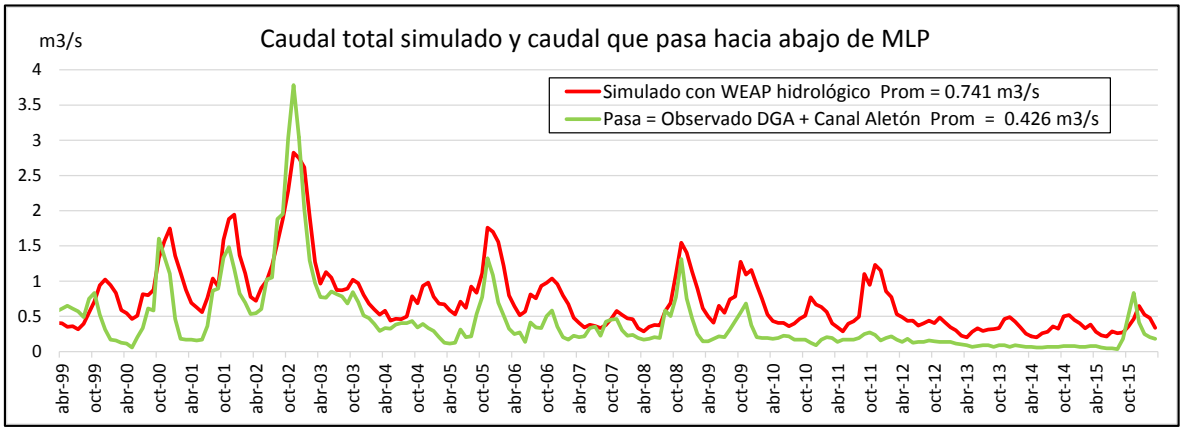
Figura 9.3-31 Comparación régimen observado y simulado, 1999-2016



Al respecto, es necesario aclarar que el régimen observado por la DGA no incluye todas las aguas que MLP deja pasar. En efecto, las aguas del canal Aletón, que se captan dentro del terreno de MLP, son derivadas desde el río antes de la estación de la DGA, y deben sumarse a la estadística observada para conocer el caudal que pasa hacia aguas abajo de MLP.

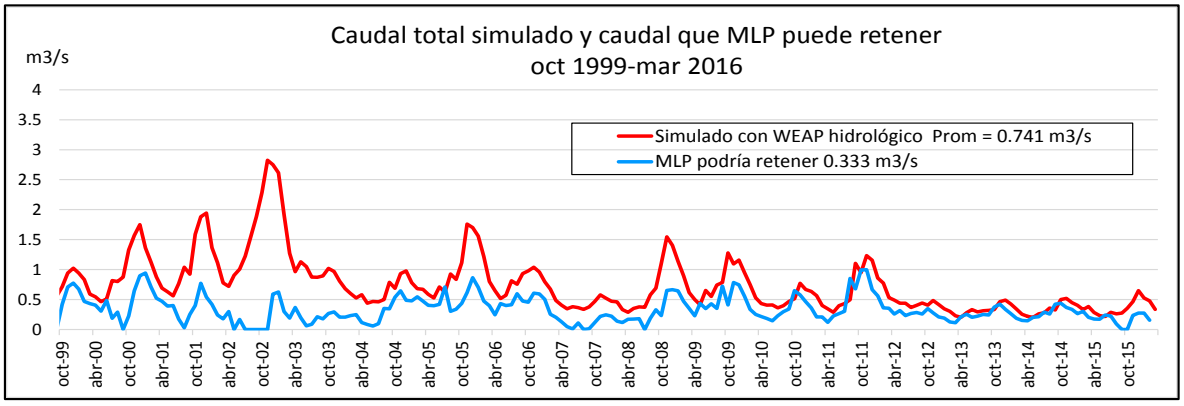
La siguiente Figura 9.3-32 muestra el caudal que efectivamente pasa hacia aguas abajo de MLP, es decir, lo medido en la estación DGA más lo entregado al canal Aletón. Este último caudal tiene un promedio de 25 l/s en el período octubre 1999-marzo 2016.

Figura 9.3-32 Caudal total Cuncumén y caudal que MLP deja pasar



A continuación, se hace una estimación de lo que MLP retiene, en base al porcentaje de acciones que le corresponde, que es de 693 de 983, es decir, un 70,5% del caudal total, con tope en 693 l/s. En la Figura 9.3-33 se presenta el caudal total que sería generado en la cuenca, y lo que MLP tiene derecho a retener. Se aprecia que podría retener, en promedio, un caudal de 333 l/s.

Figura 9.3-33 Caudal total y caudal que MLP tiene derecho a retener



Con esta información, se puede hacer una comparación de lo que MLP efectivamente retiene y de lo que tiene derecho a retener, lo que se aprecia en la siguiente Figura 9.3-34. En la Figura 9.3-35 se muestra el complemento de lo anterior, esto es, la comparación entre lo que MLP deja pasar y lo debiera dejar pasar.

Figura 9.3-34 Comparación de lo que MLP retiene con lo que tiene derecho a retener

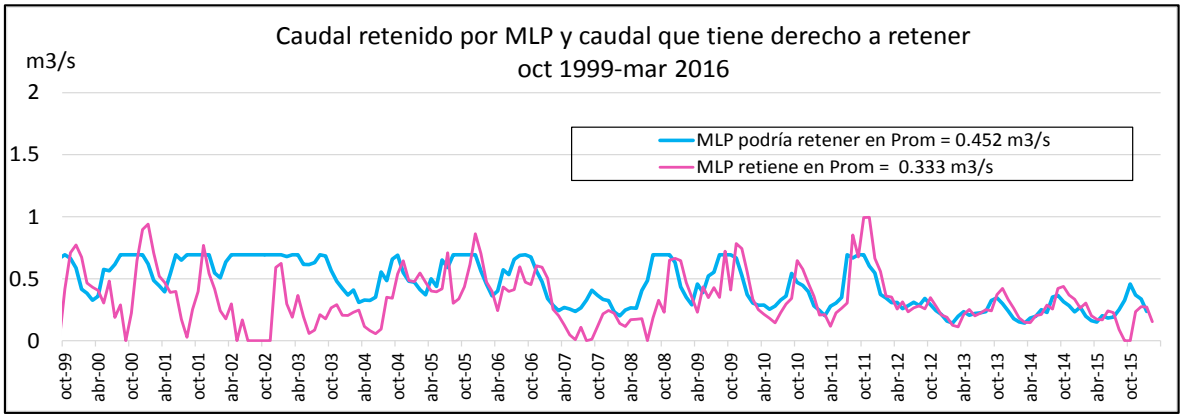
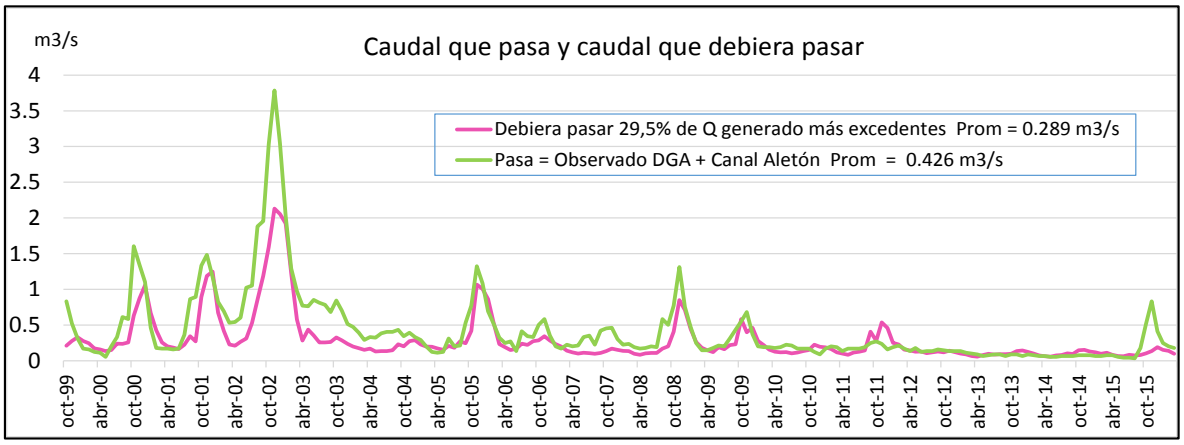


Figura 9.3-35 Caudal que pasa y caudal que debiera pasar hacia aguas abajo de MLP



Según se puede apreciar en los dos últimos gráficos, en épocas de abundancia pasa hacia aguas abajo un caudal mayor que el estrictamente correspondiente a la prorrata de las acciones. En épocas de escasez, sin embargo, como en los últimos años de sequía, ambos valores coinciden muy cercanamente.

Es necesario señalar que el análisis se basa en una estimación del caudal generado por la cuenca mediante el uso del modelo WEAP, y no en mediciones. En este contexto y en base a la evidencia existente, se aprecia que MLP capta sus derechos en forma razonablemente precisa.

En el escenario histórico, el modelo WEAP en la cabecera del Cuncumén se alimenta con lo que pasa desde MLP hacia aguas abajo por el río Cuncumén, esto es, lo que mide la DGA, más lo que recibe el canal Aletón.

9.4 ESCENARIOS FUTUROS

Para la simulación de escenarios con el modelo WEAP, se decidió generar los escenarios futuros que se señalaron en el capítulo 8.9:

- Escenario Futuro Base
- Escenario Futuro con Cambio climático moderado
- Escenario Futuro con Cambio climático severo
- Escenario Embalse Cabecera sobre cambio climático moderado
- Escenario Embalse Cabecera sobre cambio climático severo
- Escenario 100% revestimiento sobre cambio climático moderado
- Escenario 100% tecnificación sobre cambio climático moderado
- Escenario sin MLP sobre cambio climático moderado (MLP utilizaría sólo agua de mar)

A través de estos escenarios se prueban los efectos del cambio climático, así como el efecto de las obras y acciones que se decidieron con los partícipes, según se detalla en el contenido del taller 3.

Los escenarios futuros tienen un periodo de 26 años, igual que el escenario de calibración.

Como base de comparación, se generó un escenario Fututo Base, con la hidrología histórica pero las condiciones de respuesta actuales de la cuenca, un escenario futuro con cambio climático moderado y un escenario con cambio climático severo, según se detalla a continuación.

Estos tres escenarios, futuro base, futuro con cambio climático moderado y futuro con cambio climático severo, constituyen los escenarios sobre los cuales se prueba el conjunto de obras y acciones que se decidió con los partícipes en el taller 3.

Para cada escenario, se indica el escenario utilizado como base de comparación.

9.4.1 Escenario Futuro Base

Se desarrolla un escenario Futuro Base, que se alimenta con la hidrología histórica, manteniendo hacia el futuro todas las demás condiciones actuales, es decir: el embalse Corrales y El Bato desde el inicio del período, las demandas actuales de riego, esto es, las condiciones actuales de cultivos y métodos de riego (cabe recordar que las demandas de riego son potenciales), y la demanda minera. Sólo crece vegetativamente la población y su demanda de agua potable.

El supuesto básico de este escenario es poder representar de la mejor manera las condiciones actuales de la cuenca, y proyectarlas hacia el futuro, reconociendo las dinámicas históricas en términos de la oferta hídrica desde las cuencas de cabecera e intermedias, pero considerando la capacidad de respuesta actual del sistema, proyectada hacia el futuro.

Los supuestos para este escenario y su implementación en el modelo, se detallan en la Tabla 9.4-1 a continuación.

Tabla 9.4-1 Supuestos para construcción del escenario Futuro Base

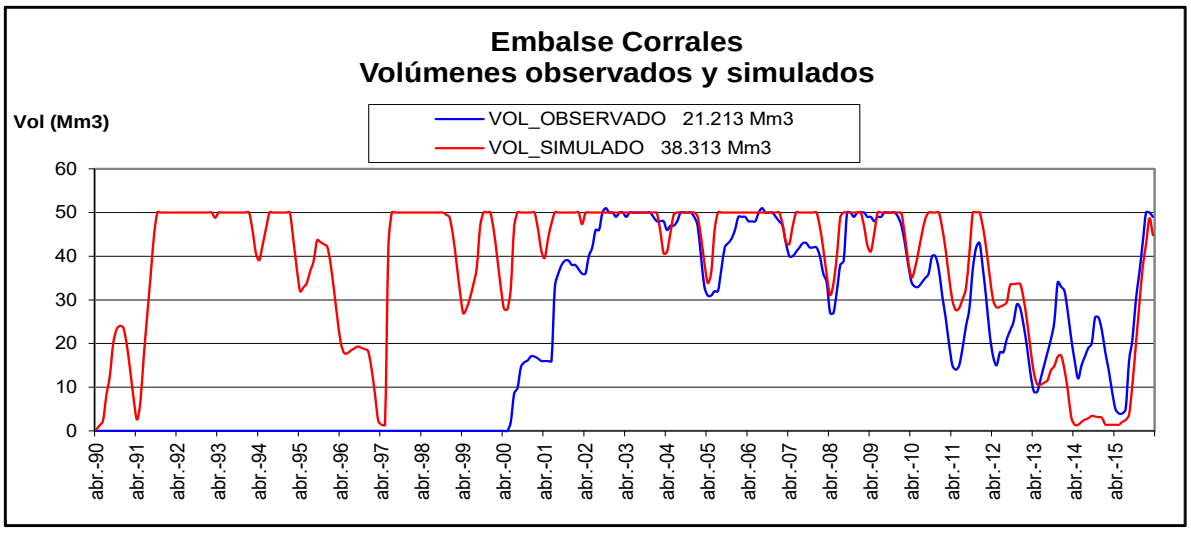
Variable	Supuesto	Actualización en el Modelo
Caudal de desmarque a) Choapa / Chalinga b) Illapel	Canales de los distintos sistemas son libres de captar lo correspondiente a sus derechos y capacidades, en base a la disponibilidad sin imposición de desmarques. El modelo WEAP simula el desmarque y distribuye el caudal disponible a los distintos canales.	Actualización de planilla DESMARQUES_Q Valor 1 para el desmarque para todo el periodo.
Captación canal alimentador Embalse Corrales	Caudal captado por canal alimentador del Embalse Corrales (CA_47) se mantiene libre, con un máximo de 5 m^3/s, manteniendo una prioridad menor respecto a los demás canales de la Junta de Vigilancia, y por tanto alimentando al Embalse siempre y cuando exista un caudal excedente disponible.	Actualización de planilla CS_Q Valor 5 para caudal máximo en todo el periodo por canal CA_47
Captación Superficial MPL	Caudal captado por minería en zona Cuncumén se extiende para todo el periodo con un máximo de 0.4 m^3/s	Actualización de planilla CS_Q Valor 0.4 para caudal máximo en todo el periodo para canal CA_47
Entrega de agua por parte del Embalse Corrales	Se genera una curva de demanda estacional de riego asociada al Embalse Corrales para todo el periodo de modelación. Se asume, para efectos de modelación de este escenario base una demanda estacional constante para todo el periodo.	Actualización planilla OBS_EM Caudal de demanda de riego sobre el Embalse: a) Enero: 1.3 m^3/s b) Febrero: 2.1 m^3/s c) Marzo: 2.3 m^3/s d) Abril: 2.1 m^3/s e) Mayo: 1 m^3/s f) 0 el resto de los meses

Variable	Supuesto	Actualización en el Modelo
Restricción en la entrega del Embalse El Bato	Se elimina restricción que limita la entrega de agua por el embalse, dejando sin restricción la entrega para todo el periodo.	Actualización parámetro "Maximum Hydraulic Outflow" del Embalse El Bato Valor de 100 m^3/s para todo el periodo.
Bombeo de los pozos de restitución	Se extiende la regla de distribución que regula la operación de los pozos de restitución existentes en el modelo.	Actualización de objetos "REST_MPL_ACXXX" Eliminación de condicionante del año de inicio de aplicación de regla de operación de los pozos. (Año 2015 en escenario de calibración)
Área de riego potencial	Se asume que para todo el periodo de modelación de este escenario de base, las áreas potenciales de riego son las existentes al año 2014.	Actualización del factor de calibración "Key/CALIB_PARAM/FACTOR_AREA_HIST" con valor 1 constante para todo el periodo. Este factor aplica a las áreas asociadas a las distintas zonas de riego (Elementos ZR_XX)
Área de riego para ZR_21, asociada a área de inundación Embalse El Bato	Se asume que el área de riego ZR_21 no participa en este escenario dada su inundación por la operación del Embalse El Bato, el cual se encuentra operativo para todo el periodo.	Actualización planillas "TENDIDO_ZR21" y "NO_TECNIFICADO_ZR21" Valor 0 para todo el periodo.
Derechos constituidos sobre agua subterráneas asociadas al acuífero AC_08	Se extiende la posibilidad de extracción de aguas subterráneas desde el acuífero AC_08 hacia las zonas de riego vinculadas (ZR_08FRU) para todo el periodo de modelación. En escenario de calibración se considera disponible este vínculo solo a contar del año 2011.	Actualización planilla "POZOS_DAA_R" asociada a elemento "Transmission Link" entre AC_08 y ZR_08FRU Valor de 0.174 m^3/s constante para todo el periodo.
Hidrología de entrada río Cuncumén	Minera Los Pelambres existe en todo el período, con su extracción legal de 693 acciones.	Nueva matriz AN_Q_base.csv

A modo de ejemplo se presenta a continuación la respuesta de algunas variables de interés a estas nuevas condiciones.

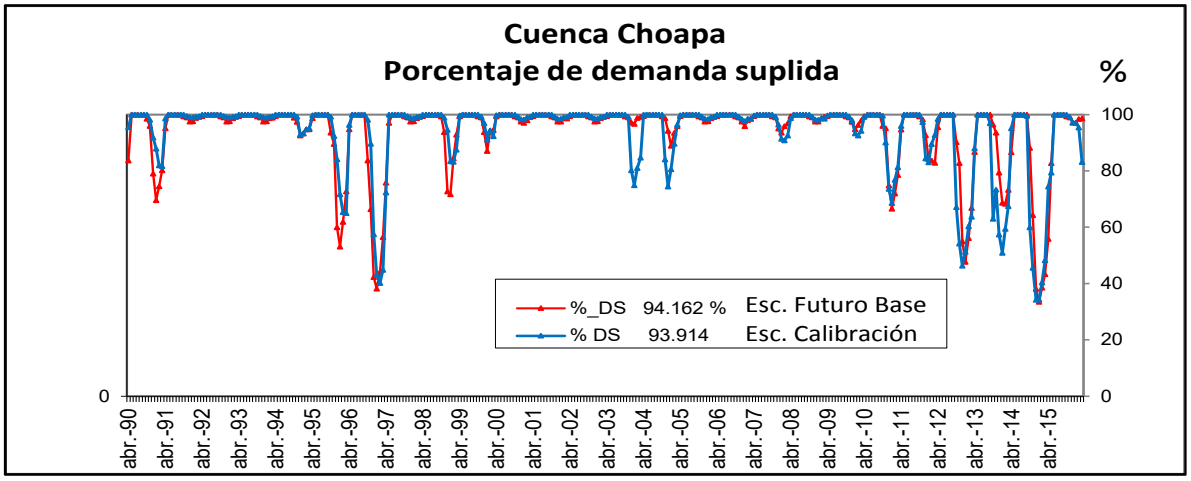
Para el volumen embalsado, en la Figura 9.4-1 se observa la respuesta del almacenamiento del Embalse Corrales, desde el inicio del periodo de modelación considerado. Sólo a modo de comparación se incluye en la Figura el comportamiento histórico del embalse. Se aprecia que en un escenario de mayor demanda permanente, y bajo las mismas reglas de operación actuales, el embalse podría cubrir hasta 4 años de sequía.

Figura 9.4-1 Comportamiento del embalse Corrales en escenarios histórico y Futuro Base



En lo que respecta al suministro de agua a la agricultura, en términos agregados para la cuenca del Choapa, el escenario Futuro Base presenta valores levemente superiores que el escenario histórico de calibración, debido a que dispone de infraestructura durante todo el período de tiempo y por lo tanto hay un aumento de la demanda suplida (Figura 9.4-2). En los primeros 10 años se aprecia una reducción respecto al escenario histórico, debido a que en el escenario Futuro Base está MLP operando en el río Cuncumén, mientras que en el escenario histórico aún no.

Figura 9.4-2 Comparación % de demanda suplida en escenarios Calibración y Futuro Base



Las planillas de resultados de este escenario se encuentran en el Anexo Capítulo 9.4.

9.4.2 Preparación de escenarios de cambio climático

a) Rescate de datos de modelos de cambio climático

Para generar estos escenarios de cambio climático, fue necesario extraer datos de modelos de cambio climático, según se explica a continuación.

- Selección de escenarios de cambio climático

El análisis para la selección de modelos climáticos para diferenciar contrastes climatológicos temperaturas y precipitaciones, consideró la descarga de datos desde las fuentes oficiales asociadas al Coupled Model Intercomparison Project phase 5 (CMIP5).

El CMIP5 corresponde a un marco de trabajo que agrupa distintos Modelos de Circulación General (GCM) desarrollados por distintos institutos climatológicos. Todos ellos acoplan la interacción océano-atmósfera con su influencia sobre la climatología del planeta.

En una primera etapa se busca evaluar las relaciones entre los distintos modelos de clima global en función de cómo asimilan los ciclos del carbono, y como esto afecta los resultados que proyecta en distintos escenarios. En segundo lugar, se evalúa la capacidad de los mencionados modelos para predecir el clima a distintas escalas espacio-temporales. Finalmente, se busca determinar qué modelos forzados en forma similar (aumento de concentraciones de gases de efecto invernadero) producen rangos dispares en los resultados que luego proyectan.

El proyecto CMIP5 pone a disposición 60 GCM distribuidos entre 27 institutos climáticos. No todos estos modelos representan todas las variables climáticas de interés en los escenarios deseados, y algunos de ellos presentan resoluciones de grilla elevadas (mayor a 2 grados) que pueden dar como resultado productos sesgados para el investigador. Además, varios de ellos tienen un desarrollo que es inferior a otros, comparado con el esfuerzo de asimilación que tienen (cantidad de datos utilizados para realizar las proyecciones), por lo que son menos confiables y más descartables. Finalmente varios de ellos pertenecen a una misma familia, vale decir están construidos bajo las mismas premisas geofísicas y matemáticas por lo que es conveniente seleccionar aquel más representativo, y eso generalmente se hace en base a su resolución espacial.

De acuerdo con lo anterior, se ha seleccionado el escenario más desfavorable de la serie RCP, el llamado RCP 8.5, y dentro de él, se han analizado 19 modelos, para finalmente seleccionar dos de ellos, contrastantes respecto de la variabilidad climática que representan a futuro, vale decir una combinatoria entre disminuciones de la precipitación y aumentos de temperatura, ambos severos en un caso y ambos leves en el otro caso. Todo lo anterior se evalúa dentro de las condiciones del escenario climático más desfavorable, el RCP 8.5. Este escenario supone que el año 2100 se llega a una radiación de 8.5 $W*m^{-1}$ mayor que la de la situación presente, y que por lo tanto, la radiación aumenta cada año.

- Selección de modelos de cambio climático

En función de la disponibilidad de información histórica de temperatura y precipitación para la cuenca del rio Choapa, se selecciona un período de ajuste de los modelos entre

enero de 1985 y diciembre de 2015, y un periodo asociado a las variaciones producto del cambio climático comprendido en enero de 2030 y diciembre de 2060. La Tabla 9.4-2 muestra los distintos modelos seleccionados y sus respectivos tamaños de grilla para las latitudes y longitudes correspondientes. Se debe considerar que un grado corresponde a 111,3 km.

Tabla 9.4-2 Modelos GCM seleccionados para el análisis y su tamaño de grilla en grados

Nº	Modelo	Tamaño de Grilla (°)	
		Latitud	Longitud
1	ACCESS1.0	1.25	1.875
2	BCC-CSM1.1	27.906	28.125
3	CCSM4	0.9424	1.25
4	CMCC-CESM	34.431	3.75
5	CNRM-CM5	14.008	140.625
6	CSIRO-Mk3.6.0	18.653	1.875
7	FGOALS-g2	27.906	28.125
8	GFDL-CM3	2	2.5
9	GFDL-ESM2G	20.225	2
10	GFDL-ESM2M	20.225	2.5
11	GISS-E2-R	2	2.5
12	HadGEM2-CC	1.25	1.875
13	HadGEM2-ES	1.25	1.875
14	INM-CM4	1.5	2
15	IPSL-CM5A-LR	18.947	3.75
16	IPSL-CM5A-MR	12.676	2.5
17	MPI-ESM-LR	18.653	1.875
18	MRI-CGCM3	112.148	1.125
19	NorESM1-M	18.947	2.5

Dado que la grilla es de distinto tamaño para todos los modelos, se realiza un proceso en que todas las grillas se homologan a tamaño de 100 km, mediante un método de interpolación por inverso de la distancia, donde el valor a estimar corresponde a la sumatoria entre el valor del vecindario ponderado por la distancia, dividido por el inverso de la distancia elevado a una potencia p (Ec. 9.4-1). Esta distancia ponderada viene dada por la distancia de los puntos de la grilla regular con la nueva celda que se está generando a una escala más baja.

$$\hat{v}_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{d^p{}_i} v_i}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{d^p{}_i}} \qquad \text{Ec. 9.4-1}$$

Donde:

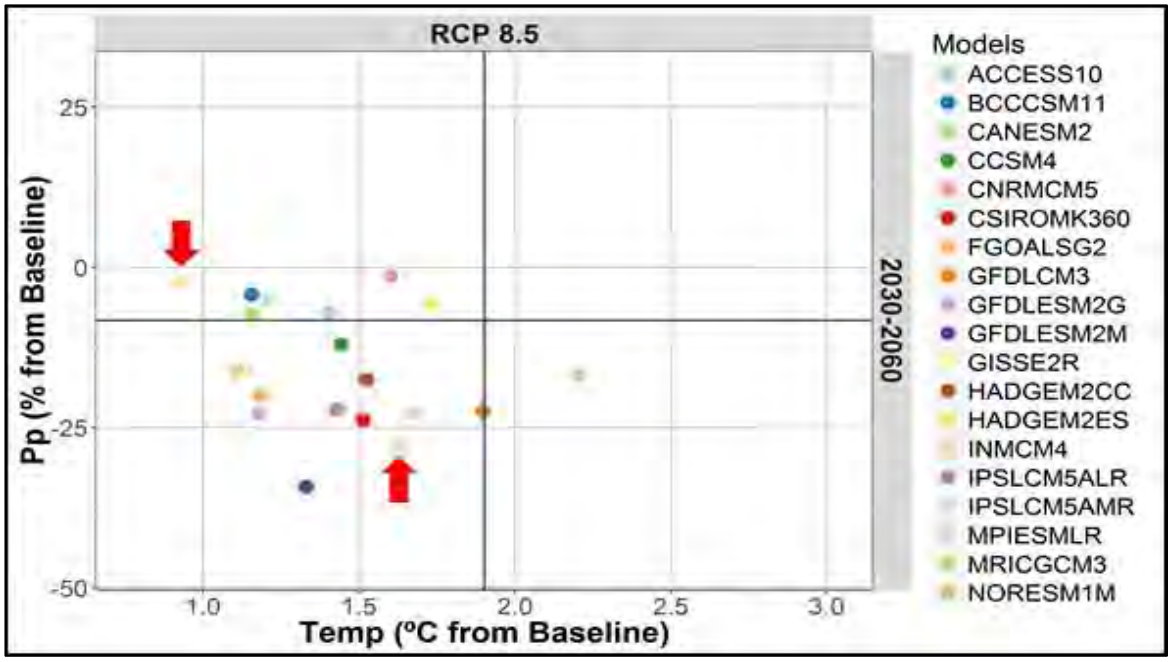
$\hat{v}_1$ = Valor a interpolar
v_i = Valor de la variable regionalizada usada en la interpolación
d_i^p = Distancia entre el punto de grilla y la coordenada a interpolar elevada a la p potencia

El procedimiento se realiza para cada uno de los modelos hasta que todos se encuentren representando una grilla regular de 100 km X 100 km. Luego, se seleccionan aquellas celdas que se encuentran en la cuenca del rio Choapa. A partir de ellas se extraen tanto

los datos históricos para el periodo 1985-2015, como para el período futuro 2030-2060, en el escenario RCP 8.5. Los datos para cada período se promedian en cada celda y luego se obtiene un promedio de celda para cada variable, temperatura media y precipitación. El objetivo es calcular las diferencias como diferencias porcentuales respecto del período histórico para las precipitaciones y como diferencia simple en grados Celsius entre el escenario futuro y el periodo histórico, para el caso de las temperaturas.

Una vez calculadas estas diferencias se escogieron dos modelos en función de los contrastes que estos tienen para las diferencias encontradas. Con estos antecedentes, se seleccionaron los modelos GISS-E2-R (Escenario moderado) y MPI-ESM-LR (Escenario severo). La Figura 9.4-3 muestra los contrastes para cada uno de los modelos seleccionados. Se observa que, de los modelos seleccionados, uno es extremo en cuanto a diferencias de precipitación y de temperatura, y el otro es moderado, en relación con el escenario histórico.

Figura 9.4-3 Modelos CGM evaluados en función de sus valores de delta de temperatura y precipitación



b) Aplicación de las diferencias (delta) a los modelos seleccionados

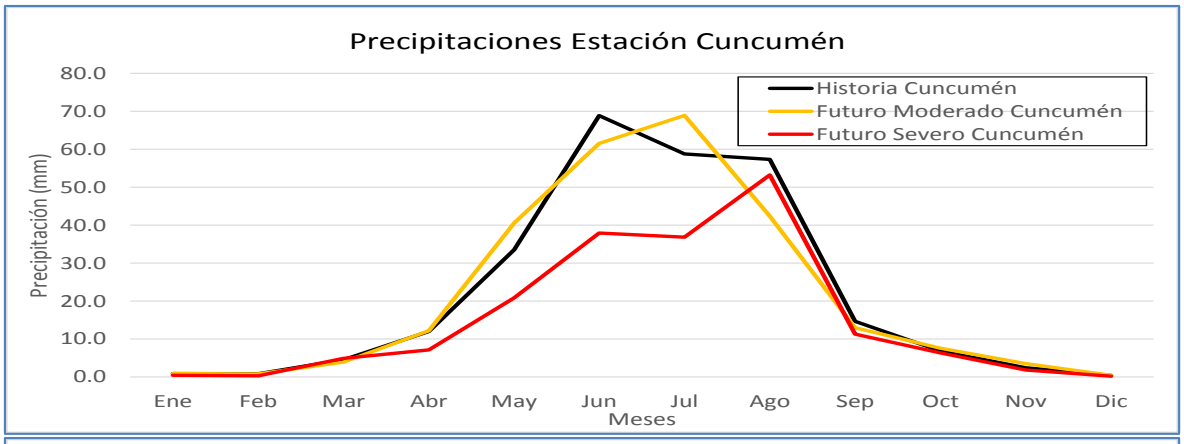
Luego de seleccionar los modelos de cambio climático adecuados para la proyección futura de las series, se calculó para cada uno de ellos la diferencia promedio a nivel mensual obtenida para el periodo futuro respecto al promedio mensual del periodo histórico considerado por el GCM seleccionado. Así se obtiene una serie de 12 diferencias (un valor por mes) porcentuales en el caso de las precipitaciones y en grados Celsius para las temperaturas. Estas diferencias promedio luego se aplicaron a la serie mensual histórica de estas variables con tal de generar una secuencia de datos que mantiene las características de variabilidad interanual y secuencia de años húmedos y secos del

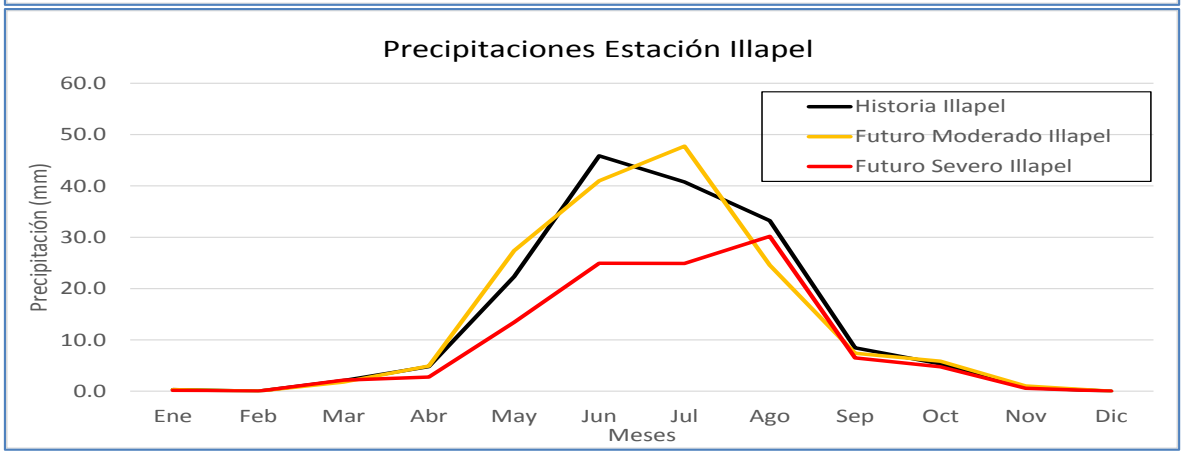
periodo histórico, pero considera un cambio en las condiciones medias, según los escenarios de cambio climático seleccionados.

Este proceso se aplicó en las siguientes estaciones meteorológicas: Coirón, Cuncumén, Illapel, La Tranquilla, Limáhuida, Mincha Norte, Salamanca, San Agustín. En las estaciones Illapel y la Tranquilla se mide la variable de temperatura media, en el resto de las estaciones solo existen datos observados de precipitaciones.

A cada una de las estadísticas se le aplicó el delta mensual porcentual en el caso de las precipitaciones y de diferencia simple en el caso de las temperaturas. La Figura 9.4-4 muestra el cambio en el patrón mensual de precipitación hacia el período 2030-2060, donde se observa, además de una disminución, un desplazamiento hacia antes, en la temporalidad de la serie, con una mayor concentración de precipitaciones hacia el mes de septiembre. Para el escenario severo, los cambios promedio de disminución de precipitaciones corresponden a cerca de -30%. Para el escenario moderado, los cambios son cerca del 2%.

Figura 9.4-4 Patrones de precipitación para el periodo histórico y los dos escenarios futuros en las estaciones Cuncumén e Illapel

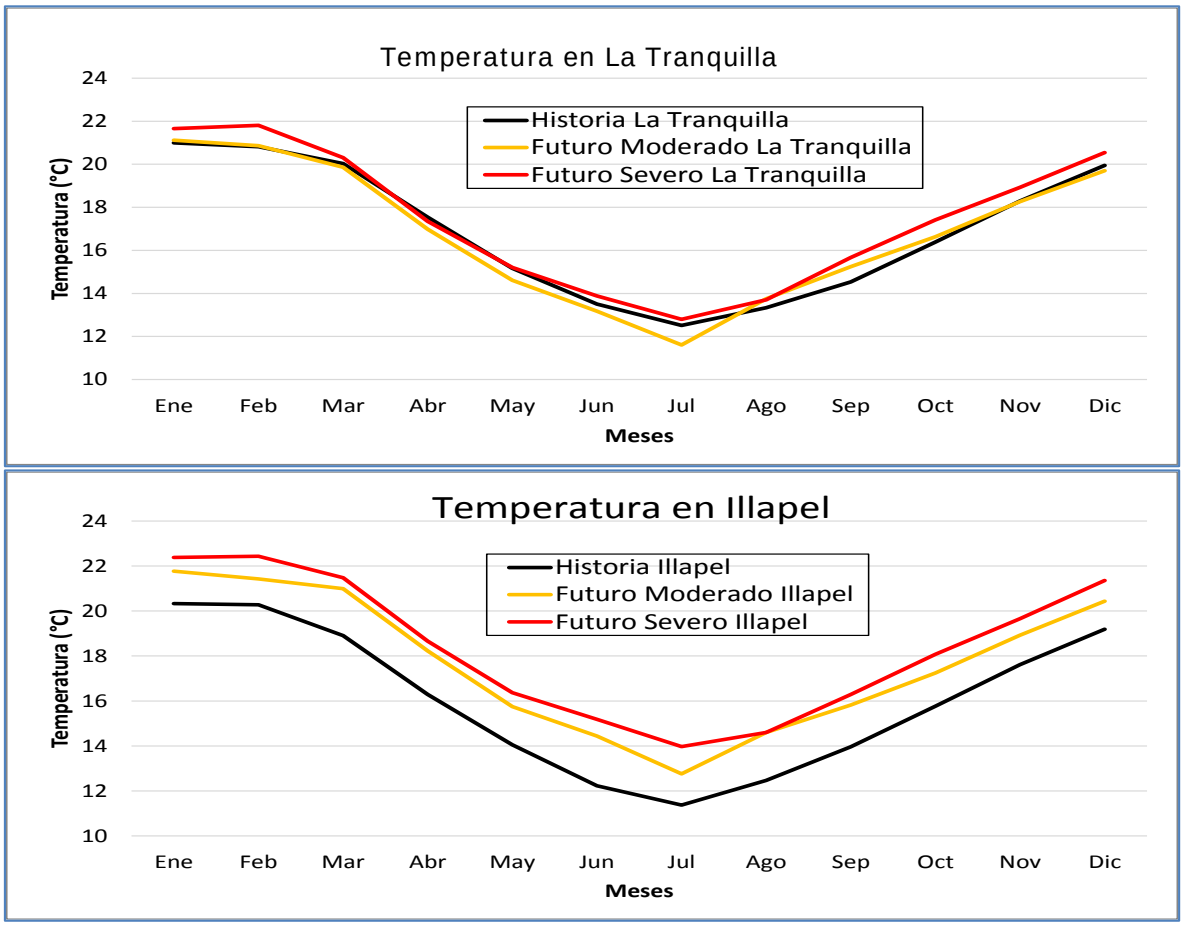




Para el caso de las temperaturas, para todas las combinaciones del modelo, el cambio es más homogéneo, aumentando la temperatura de forma similar en cada mes del año. En promedio para el escenario severo hay un aumento de temperatura de 1.4°C en la

grilla correspondiente, mientras que para el escenario moderado el aumento es de alrededor de 0.8°C. Estos valores se adaptan a las dos estaciones consideradas. La Figura 9.4-5 muestra los cambios homogéneos en los patrones mensuales (y estacionales) de la variable temperatura, resultantes para cada una de las estaciones.

Figura 9.4-5 Cambios en los patrones de temperatura para el periodo histórico y los dos escenarios futuros considerados en las estaciones La Tranquilla e Illapel



A partir de estas series mensuales de precipitaciones y temperatura se alimentó, por una parte, el modelo MPL, para generación de la hidrología de las cuencas intermedias de la cuenca del rio Choapa, así como también el modelo hidrológico WEAP (de forzantes climáticas) para la cuenca Choapa en Cuncumén, y Cuncumén antes del Choapa, como se explica a continuación.

c) Generación de hidrología de cabecera para escenarios de cambio climático

La generación de la hidrología de WEAP para los 2 escenarios de cambio climático planteados consiste en la actualización de la planilla AN_Q.csv, que contiene todos los aportes modelados en WEAP.

Se generó una nueva planilla para cada escenario, los cuales se ubican en la carpeta Datos del modelo:

- AN_Q_rcp85_humedo.csv
- AN_Q_rcp85_seco.csv

Los pasos para generar la hidrología en los escenarios de cambio climático son los siguientes:

- Generación de la estadística de caudales futuros en las estaciones Choapa en Cuncumén y Cuncumén antes del Choapa, simulado a través de un modelo de la cuenca de cabecera del río Choapa (externo).
- Adaptación del caudal proveniente del Cucumén, de acuerdo con los derechos de Minera Los Pelambres.
- Cálculo de la estadística de caudales futuros en las estaciones Chalinga en La Palmilla e Illapel en Las Burras usando las funciones de transposición de caudales presentadas más abajo
- Generación de la estadística de caudales futuros generados por las cuencas pluviales a través modelos pluviales (MPL) a partir de series de precipitación y evaporación que reflejan el cambio climático

El período de simulación de los escenarios futuros es abril-2035 a marzo-2061. Todas las estadísticas se prepararon para este periodo.

d) Generación de la hidrología futura de Choapa en Cuncumén

Los caudales futuros en la estación Choapa en Cuncumén fueron simulados a través de un modelo WEAP de la cuenca de cabecera del río Choapa, desarrollado y operado por el personal del Centro de Cambio Global de la Universidad Católica.

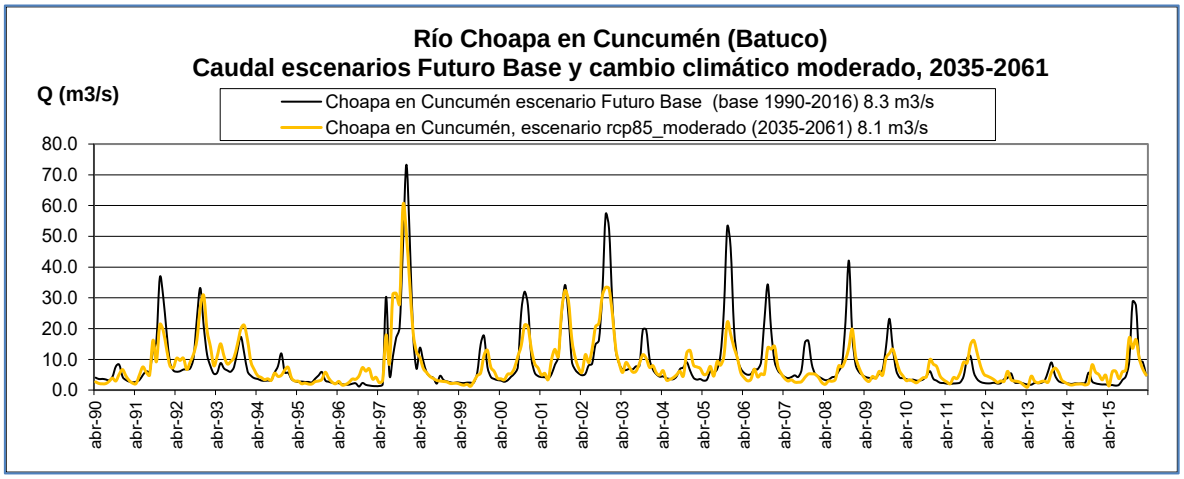
Este modelo de cabecera no está integrado con el modelo general de gestión, sino que es un modelo hidrológico de generación de caudales, que se maneja en forma externa. Desde el punto de vista de manejo de modelos, tiene la ventaja de que es posible para el modelador, verificar y validar estos caudales, antes de aplicarlos. Los caudales de entrada al modelo general de gestión WEAP, provienen todos de modelos externos: Choapa en Cuncumén se genera a partir del modelo WEAP de cabecera, Chalinga e Illapel se generan a partir de Choapa en Cuncumén, y para todas las cuencas aportantes intermedias se aplica el modelo hidrológico MPL, que genera los caudales de entrada a partir de estadísticas de precipitación y evaporación.

A continuación se presenta el trabajo realizado con el modelo hidrológico de cabecera, para los escenarios futuros de cambio climéatico. Las dos Figuras 9.4-6 y 9.4-7 permiten comparar las series generadas en la estación Choapa en Cuncumén para cada escenario de cambio climático, en comparación con el escenario llamado futuro base, que es igual a la serie histórica en esta estación.

Se observa, como se señaló en el capítulo 9.1, que el modelo hidrológico de cabecera tiene una tendencia a subestimar los peaks que se observan en la estadística histórica. En efecto, es una debilidad del modelo, que debe ser tomada en cuenta en función del uso que se le dé. En el presente estudio, en que se evalúan comparativamente algunos escenarios, todos ellos están afectados por la subestimación de los peaks, por lo que esta debilidad no tiene mayor efecto.

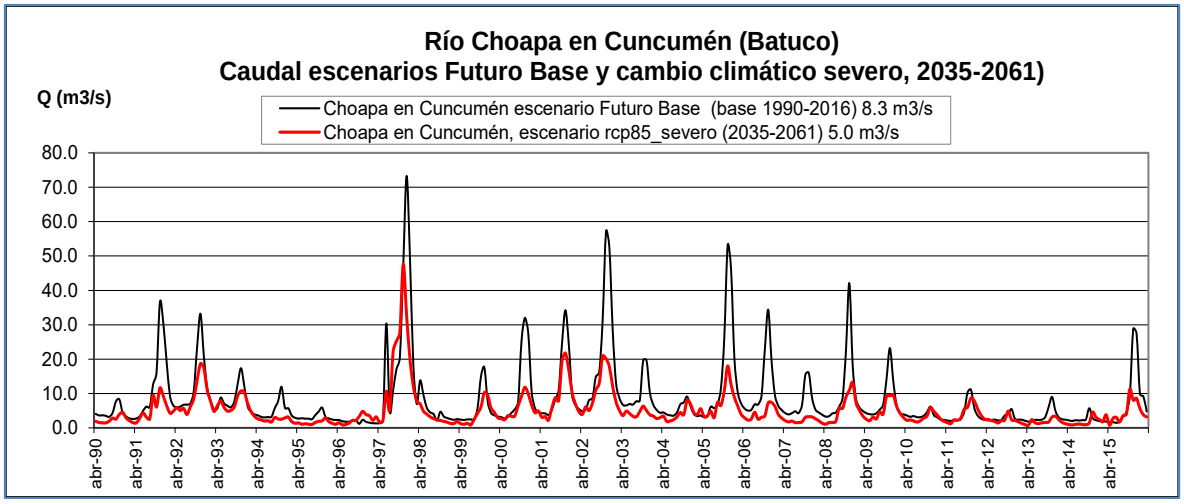
Sin embargo, es necesario tener presente esta limitación del modelo, cuando se haga uso de él para otros fines, que que interesen resultados en cuanto a valor absoluto, en vez de relativo.

Figura 9.4-6 Caudales generados en la estación Choapa en Cuncumén escenario rcp 8.5 moderado



El caudal promedio en el periodo de análisis de 26 años se reduce de 8.339 m3/s a 8.111 m3/S, esto es, en un 3% aproximadamente.

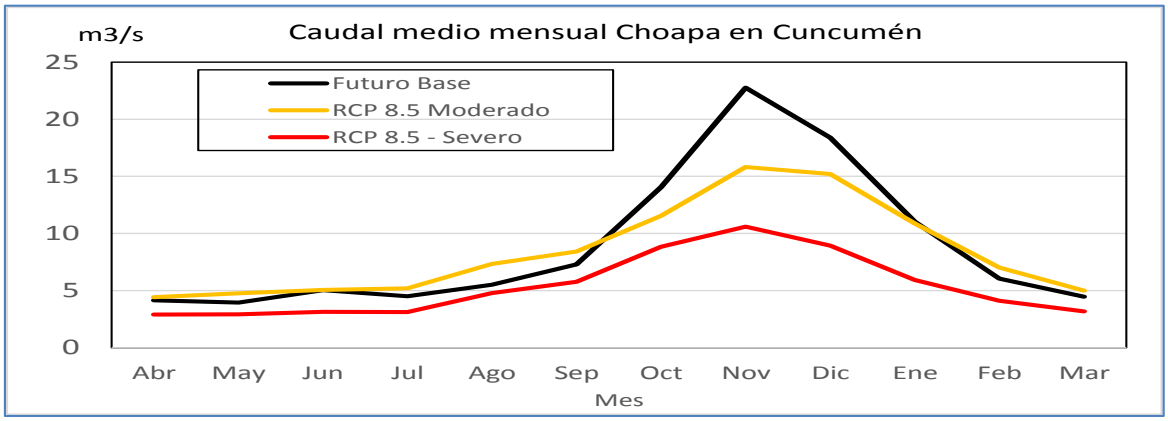
Figura 9.4-7 Caudales generados en la estación Choapa en Cuncumén escenario rcp 8.5 severo



El caudal medio en este escenario futuro es de 5.036 m3/s en promedio.

En la Figura 9.4-8 se presenta el cambio esperado para el período 2035-2060 en los caudales promedio mensual para los escenarios moderados y severos, en contraste con la situación futuro base. Al respecto, es necesario tener presente que el escenario Futuro Base tiene datos observados, mientras que los escenarios de cambio climático tienen datos simulados con el modelo WEAP hidrológico.

Figura 9.4-8 Caudal promedio mensual río Choapa en Cuncumén
Futuro Base y con cambio climático



e) Generación hidrología futura cuenca río Cuncumén antes del río Choapa

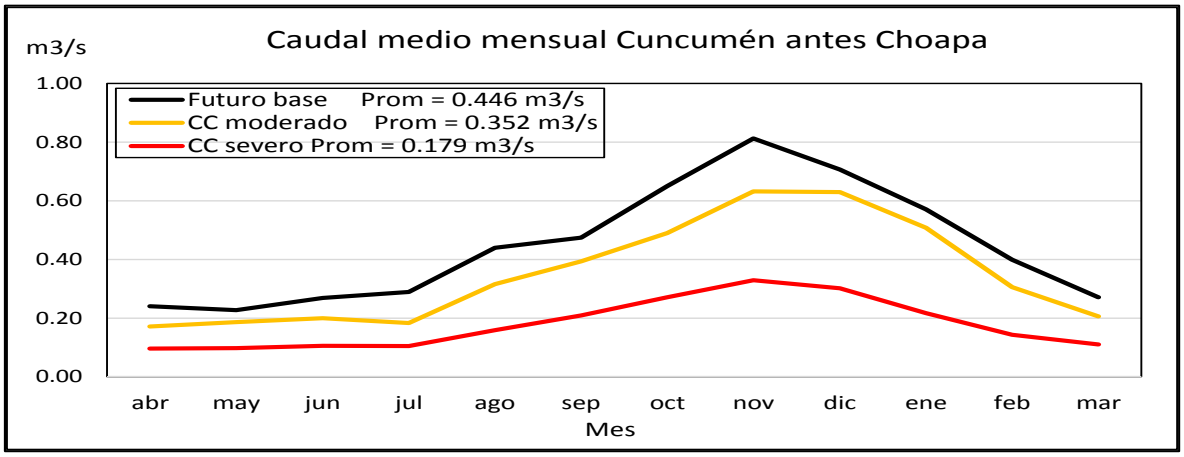
La estadística de este río también se obtiene a partir del modelo WEAP hidrológico, externo al modelo de gestión, que, como se ha visto antes, en este caso no subestima los peaks.

Para el período futuro se considera que durante todo el período, la Minera Los Pelambres retiene 693 acciones, con un tope de 693 l/s, de las 983 acciones en que está dividido el río Cuncumén. En otras palabras, todo caudal que supere las 693 acciones, con un tope de 693 l/s, pasa hacia aguas abajo y alimenta el sistema hídrico de la cuenca del Choapa, modelado con WEAP Choapa.

Las estadísticas de caudal afluente desde la cuenca del Cuncumén, descontado el caudal que retiene MLP, se encuentran en las matrices AN_Q_base.csv, AN_Q_rcp85_humedo.csv y AN_Q_rcp85_seco.csv, para los escenarios futuro base, cambio climático moderado y cambio climático severo, respectivamente.

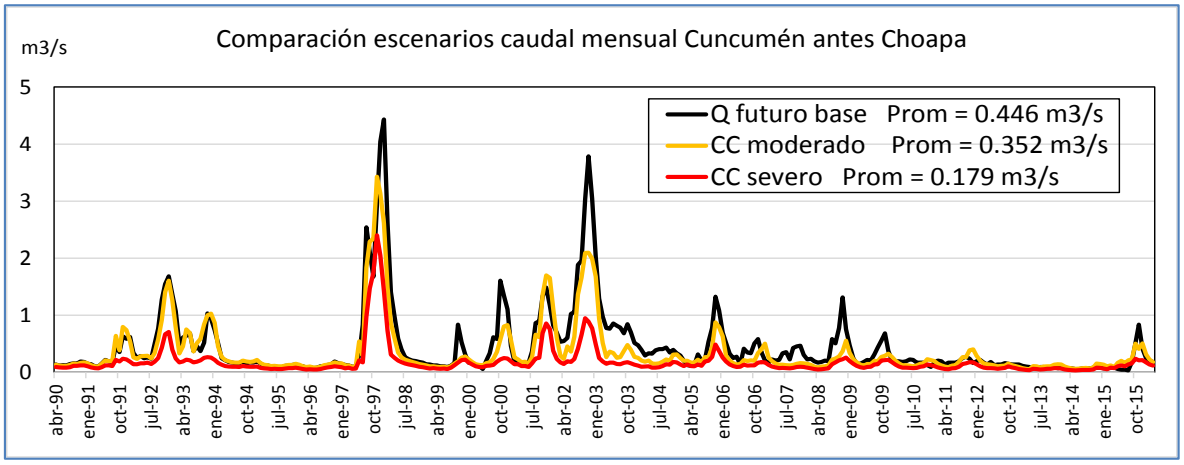
En la siguiente Figuras 9.4-9 se muestra el cambio esperado del caudal afluente por el río Cuncumén, para el período 2035-2061 en los caudales promedio mensual para los escenarios futuro base, cambio climático moderado y cambio climático severo.

Figura 9.4-9 Caudal en Río Cuncumén antes del río Choapa escenarios futuro base y cambio climático



También se muestran las series de estadísticas mensuales completas, tanto la histórica como las de cambio climático, en la siguiente Figura 9.4-10.

Figura 9.4-10 Comparación de estadísticas: futuro base y cambio climático



Para dar respuesta a una de las inquietudes de los partícipes de la gobernanza, a modo de comparación, en las siguientes Figuras 9.4-11 y 9.4-12 se presentan los caudales afluentes desde el río Cuncumén, en el caso de que no hubiera extracción por parte de Minera Los Pelambres. Se presentan los escenarios futuro base, cambio climático moderado y cambio climático severo.

Figura 9.4-11 Caudal medio mensual Cuncumén sin extracción de MLP

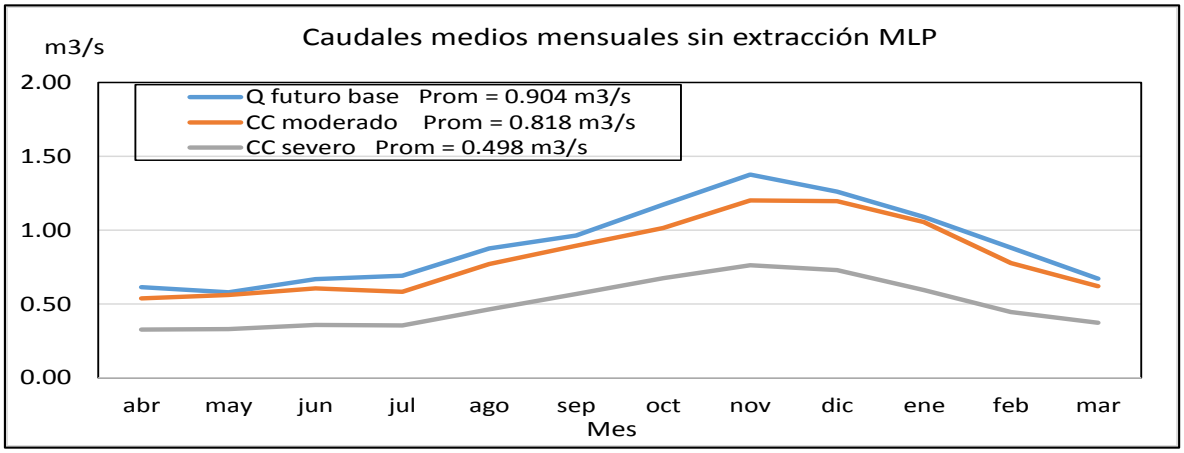
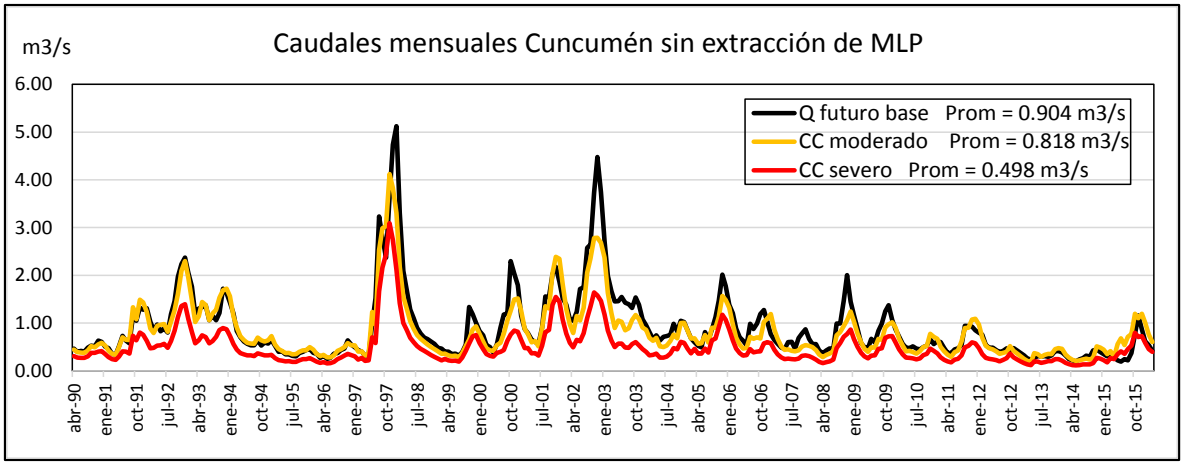


Figura 9.4-12 Caudales mensuales sin extracción de MLP



A partir de estas figuras se puede apreciar que si MLP no extrajera sus derechos desde el río Cuncumén, el aporte promedio se incrementaría de 0,446 m3/s a 0,904 m3/s, es decir, el caudal promedio aportado por el río Cuncumén aumentaría en 458 l/s.

En el escenario de cambio climático moderado, el caudal promedio aportado por el río Cuncumén aumentaría de 0,352 m3/s a 0,818 m3/s, es decir, aumentaría en 0,466 m3/s.

Finalmente, en el escenario de cambio climático severo, caudal promedio aportado aumentaría de 0,179 m3/s a 0,498 m3/s, es decir, aumentaría en 0,319 m3/s.

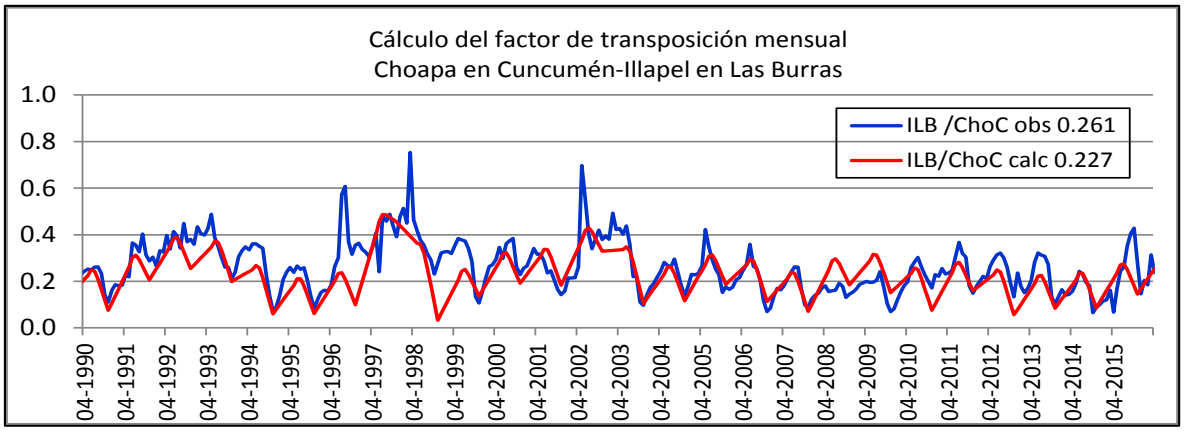
f) Generación de caudales en Illapel en Las Burras

A partir de los caudales en Choapa en Cuncumén, se obtienen también los caudales en la cabecera del río Illapel, los cuales alimentan el modelo WEAP de gestión del Choapa.

Para estimar el caudal en la estación Illapel en Las Burras, se llevó a cabo un análisis del factor de transposición a nivel mensual según se aprecia en la Figura 9.4-13

siguiente. Este factor se calcula como el cuociente entre el caudal observado de la cuenca del río Illapel y el caudal observado de la cuenca del río Choapa, a nivel mensual.

Figura 9.4-13 Cálculo del factor de transposición ChoC-ILB

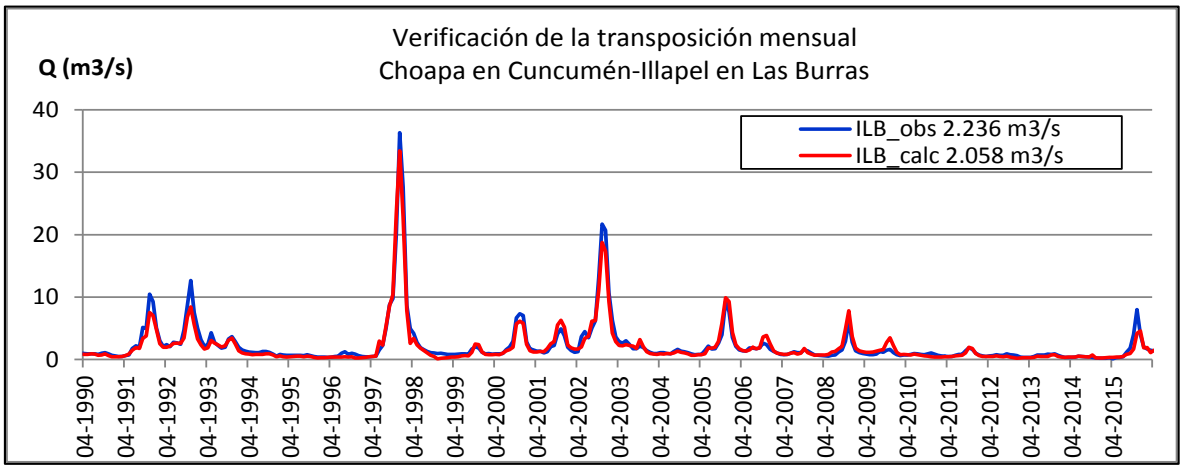


Se observa que el factor observado (curva azul) oscila alrededor de un valor de 0.2, con mínimos absolutos en los meses de noviembre (máximo deshielo) y valores menores durante el estiaje. Con la curva roja se muestra el resultado de una estimación del factor de transposición mensual, calculado en base a una función, la cual toma en cuenta en su cálculo la precipitación acumulada en Cuncumén entre abril y septiembre.

Con el factor de transposición calculado se verifica que el caudal observado en la estación Illapel en Las Burras quede bien representado, según se aprecia en la siguiente Figuras 9.4-14.

La diferencia en los valores promedio del periodo se debe básicamente a que algunas crecidas quedan levemente subestimadas. En cambio, los caudales de estiaje quedan muy bien representados.

Figura 9.4-14 Verificación de la función de transposición ChoC-ILB



A partir de las estadísticas generadas de cambio climático en la estación Choapa en Cuncumén, y aplicando el factor de transposición calculado, se obtienen las estadísticas de cambio climático en la estación Illapel en Las Burras.

Los resultados del caudal calculado de la estación Illapel en Las Burras, para los escenarios de cambio climático moderado y cambio climático severo se muestran en las Figuras 9.4-15 y 9.4-16 adjuntas, en comparación con el caudal del escenario futuro base (igual al caudal del escenario histórico, en esta estación).

La transposición de caudales desde Choapa en Cuncumén traslada la misma subestimación de peaks en los escenarios de cambio climático, a la estación Illapel en Las Burras, en los mismos escenarios. Como se ha señalado antes, esto no afecta los resultados de la comparación de escenarios, porque todos ellos están simulados en las mismas condiciones. Sin embargo, al tratarse de valores absolutos, es necesario tener presente esta limitación. En todo caso, como se ha dicho antes, desde el punto de vista de la gestión del recurso, los resultados representan bien toda la restante estadística, y están por el lado de la seguridad.

Figura 9.4-15 Caudal calculado en estación Illapel en Las Burras, Escenarios futuro base y de cambio climático moderado

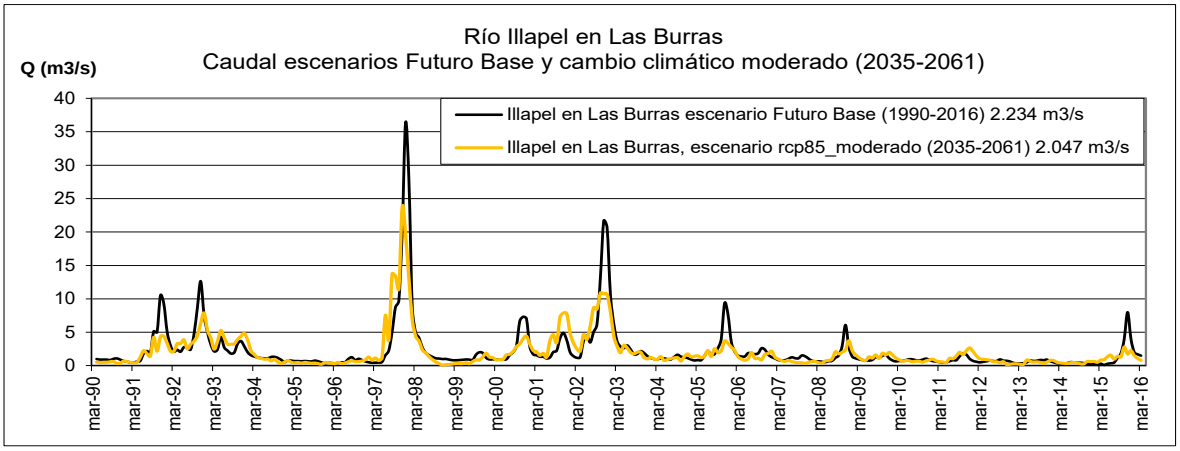
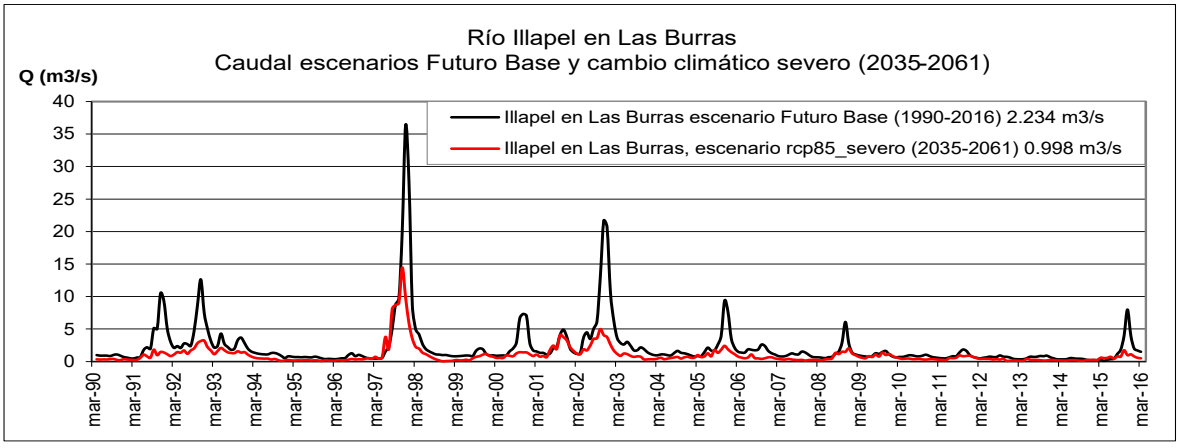


Figura 9.4-16 Caudal calculado en estación Illapel en Las Burras, Escenario rcp 8.5 severo



El promedio de la serie histórica se ubica en 2,234 m3/s. Con cambio climático moderado, el promedio se ubicaría en 2,047 m3/s, mientras que con cambio severo, en 0,998 m3/s.

g) Generación de caudales en Chalinga en La Palmilla

A partir de los caudales de Choapa en Cuncumén, y precipitaciones de Cuncumén, se generan también los caudales en la cabecera del río Chalinga, los cuales alimentan el modelo WEAP de gestión.

Para estimar el caudal en la estación Chalinga en La Palmilla, se llevó a cabo un análisis del factor de transposición mensual, similar al de Illapel. Los resultados de este análisis y la verificación de la función de transposición se muestran en las Figuras 9.4-17 y 9.4-18 a continuación.

Figura 9.4-17 Cálculo del factor de transposición ChoC-ChaLP

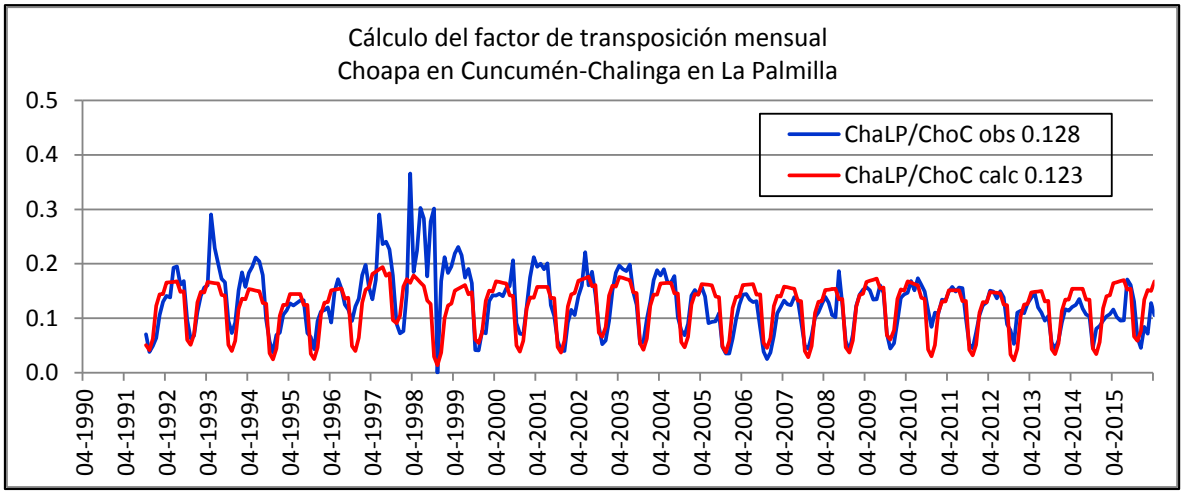
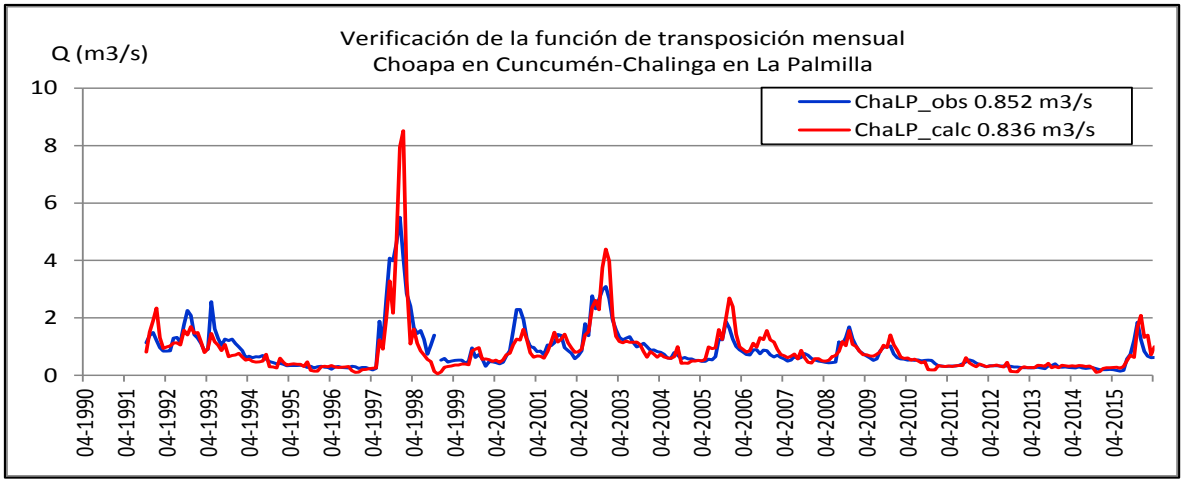


Figura 9.4-18 Verificación de la función de transposición ChoC-ChaLP



La verificación de la función de transposición muestra una reproducción razonable del caudal en la estación Chalinga en La Palmilla en base al caudal de la estación Choapa en Cuncumén, con una leve sobreestimación de los peaks.

Los resultados de la transposición del caudal de Choapa en Cuncumén a la estación Chalinga en La Palmilla, se muestran en las Figuras 9.4-19 y 9.4-20 a continuación, para ambos escenarios de cambio climático analizados. Se aprecia que la sobreestimación de los peaks debido al factor de transposición, en este caso, compensa la subestimación de los peaks proveniente de la estadística de Choapa en Cuncumén es escenario de cambio climático.

Figura 9.4-19 Caudal calculado en estación Chalinga en La Palmilla, escenario rcp 8.5 moderado

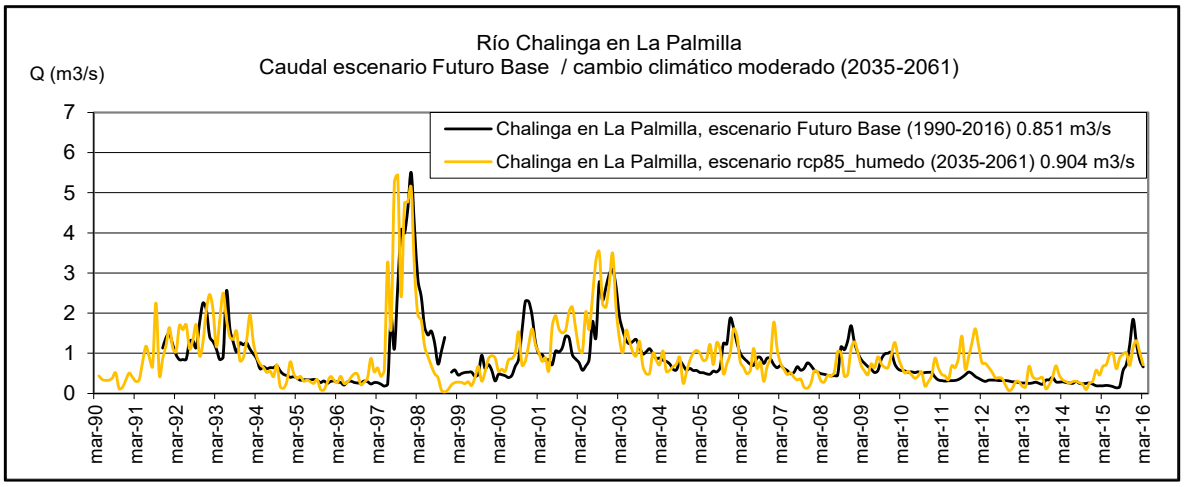
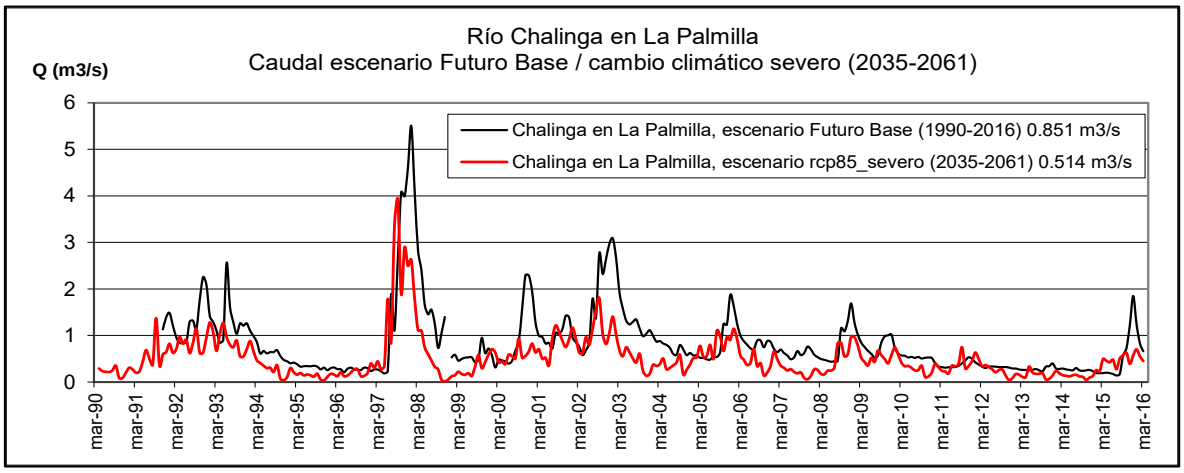


Figura 9.4-20 Caudal calculado en estación Chalinga en La Palmilla, escenario rcp 8.5 severo



Los promedios de las estadísticas en esta estación son de 0,851 m3/s en el escenario futuro base, de 0,904 para el escenario de cambio climático moderado y de 0,514 para el escenario de cambio climático severo.

h) Generación de la escorrentía en las cuencas nivales, mixtas y pluviales

En base a las estadísticas de estas 3 estaciones de cabecera, representativas de un régimen nival, se calcula por transposición el aporte:

- de las cuencas nivales modeladas: AN-01, AN-02, AN-03, AN-04, AN-05, AN-06, AN-08, AN-09 y CL-16
- de la parte nival de las cuencas mixtas modeladas: CL-01n, CL-02n, CL-05n, CL-09n, CL-17n

Con un modelo hidrológico externo (MPL) alimentado a partir de las series de precipitaciones y evaporación determinadas para el periodo futuro en un contexto de cambio climático (escenarios rcp 8.5 seco y rcp 8.5 húmedo), según se ha descrito más arriba, se calcula el aporte:

- de las cuencas pluviales: AN-07, AN-10, CL-03, CL-04, CL-06, CL-07, CL-08, CL-10, CL-11, CL-12, CL-13, CL-14, CL-15, CL-18, CL-19, CL-20, CL-21, CL-22, CL-23, CL-24 y CL-25
- de la parte pluvial de las cuencas mixtas: CL-01p, CL-02p, CL-05p, CL-09p, CL-17p

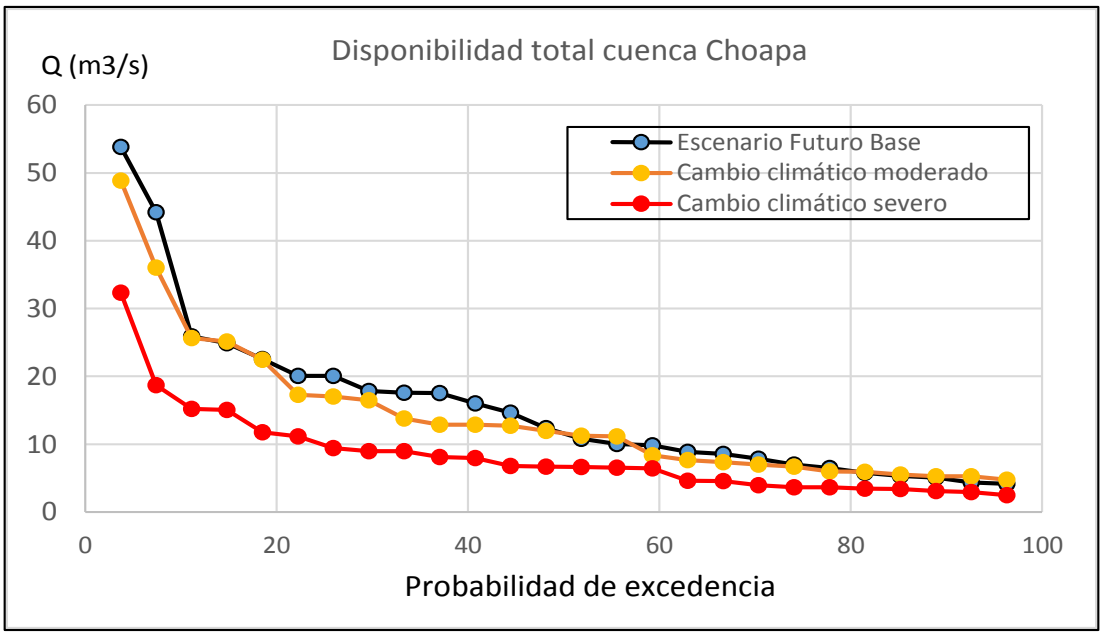
i) Alimentación del modelo WEAP

Finalmente, a partir de todos los aportes calculados, se confeccionan las planillas AN_Q_base.csv, AN_Q_rcp85_seco.csv y AN_Q_rcp85_humedo.csv que alimentan el modelo WEAP para caracterizar la hidrología de los tres escenarios futuros planteados: futuro base, cambio climático moderado y cambio climático severo.

Es necesario señalar que en estas planillas, de los aportes se han descontado los consumos de los sectores de riego llamados NO_ZR, que se encuentran en las subcuencas aportantes, y los consumos de MLP, que comprometen el 70,5% del río Cuncumén, con un tope en 693 l/s.

En la Figura 9.4-21 a continuación, se muestra el efecto estimado del cambio climático sobre la disponibilidad total de agua a nivel de la cuenca del río Choapa en ambos escenarios, moderado y severo, en comparación con la del escenario futuro base.

Figura 9.4-21 Disponibilidad total del recurso hídrico cuenca del río Choapa: situación histórica y escenarios de cambio climático



La situación de futuro base, referida al período 1990-2016 se muestra con una línea negra, donde se observan caudales de 5,5 m3/s y 11,6 m3/s para probabilidades de excedencia de 85% y 50% respectivamente.

La situación de la disponibilidad a nivel de cuenca para el escenario recp 8.5 moderado se muestra con la línea naranja, donde se aprecia una disponibilidad similar a la situación histórica para probabilidades de excedencia altas (sobre 50%). Para las probabilidades de 85% y 50%, la disponibilidad resulta de 5,5 m3/s y 11,6 m3/s respectivamente. Para las probabilidades de excedencia más bajas (caudales grandes, deshielo) se observa una leve disminución de los caudales en este escenario.

La situación de la disponibilidad a nivel de cuenca para el escenario de cambio climático severo, se muestra con la línea roja, donde se aprecia una fuerte disminución de la disponibilidad tanto para los caudales asociados probabilidades de excedencia altas como bajas. Se observan caudales de 3.4 m3/s y 6.6 m3/s para probabilidades de excedencia de 85% y 50% respectivamente.

El análisis del cambio en los aportes para cada uno de los escenarios, respecto de la situación futuro base, a nivel de cuenca y de subcuencas, se resume en la siguiente Tabla 9.4-3.

Lo que se puede observar a partir de esta tabla resumen, es que los aportes promedio, en los escenarios de cambio climático moderado y severo, se ven reducidos, en promedio, a un 90% y 55%, respectivamente, en relación con el escenario Futuro Base. Los aportes 50%, en el escenario de cambio moderado casi no se ven reducidos respecto del escenario Futuro Base. Los caudales del escenario de cambio severo sí, aproximadamente a un 60% del escenario futuro base.

Tabla 9.4-3 Aportes de caudal a nivel de subcuencas (m3/s)

	Promedio			Probabilidad exced 50%			Probabilidad exced 85%		
Escenario	F Base	CC Mod	CC Sev	F Base	CC Mod	CC Sev	F Base	CC Mod	CC Sev
Subcuenca									
Choapa Alto	10.22	9.59	5.91	8.69	8.22	4.84	3.75	3.98	2.50
Chalinga	1.11	1.13	0.65	0.93	0.97	0.53	0.38	0.44	0.25
Choapa Medio	0.58	0.16	0.11	0.35	0.14	0.10	0.10	0.08	0.05
Illapel	3.21	2.87	1.45	1.88	1.93	0.97	0.94	0.80	0.45
Choapa Bajo	0.32	0.30	0.20	0.24	0.28	0.18	0.15	0.15	0.10
TOTAL cuenca	15.45	14.05	8.33	11.58	11.62	6.65	5.33	5.52	3.41

En cuanto a los aportes 85%, tampoco son muy diferentes los del escenario de cambio moderado a los del escenario futuro base. Los caudales del escenario de cambio severo muestran una reducción aproximadamente al 60% del escenario futuro base.

El detalle de la adaptación del modelo WEAP a los escenarios de cambio climático se describe en el Anexo Capítulo 9.4.2.

9.4.3 Escenarios de cambio climático

Se realizó un análisis similar al presentado para el escenario de calibración, en base a las planillas de resultados. Estas planillas de resultados se presentan en el Anexo Capítulo 9, Escenarios definitivos.

En base a dichas planillas, se procedió a revisar los impactos de los escenarios de cambio climático considerados, tanto desde el punto de vista de la oferta de agua, expresada como cambios en el caudal promedio mensual en distintos puntos de interés de la cuenca, como de la demanda.

a) Caudal promedio mensual en ríos

En términos generales se observa para todos los puntos aquí considerados una reducción en la disponibilidad de caudales, así como cambios en la temporalidad de los mismos. A continuación, en las Figuras 9.4-22 a 9.4-25, se presentan estos cambios para distintos puntos de interés de la cuenca, comparando el escenario Futuro Base con los escenarios de cambio climático.

Figura 9.4-22 Caudal promedio mensual Choapa en Salamanca

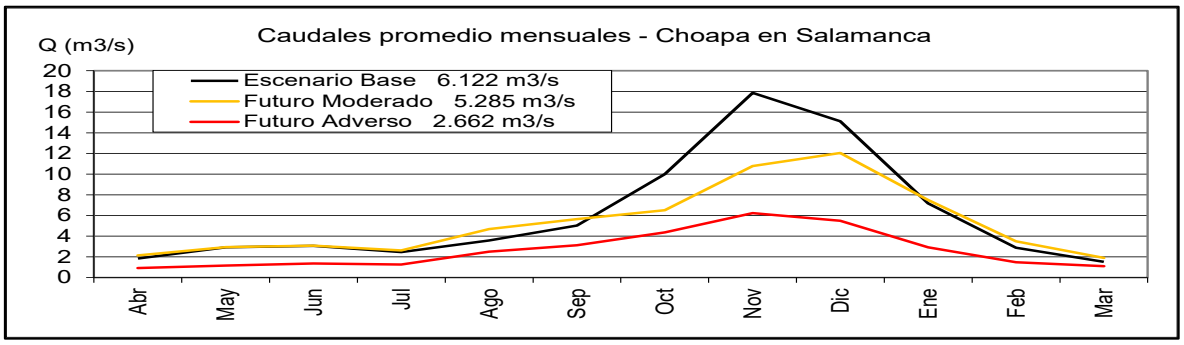


Figura 9.4-23 Caudal promedio mensual Chalinga en San Agustín

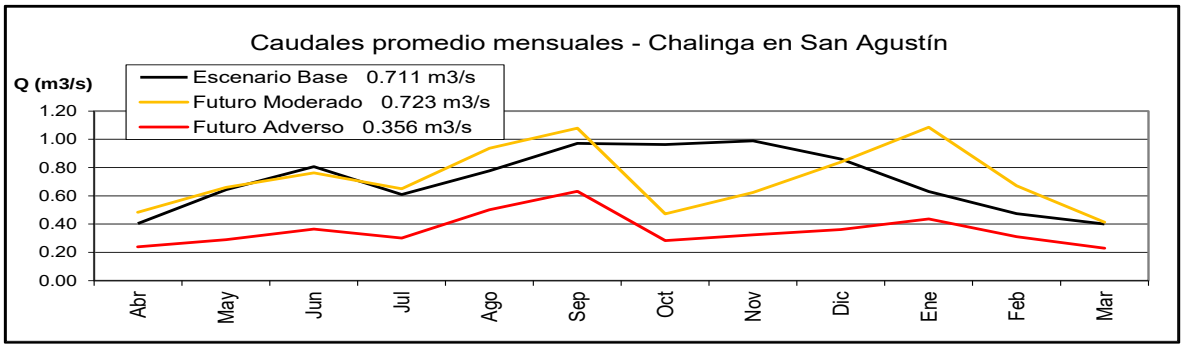


Figura 9.4-24 Caudal promedio mensual Illapel en El Peral

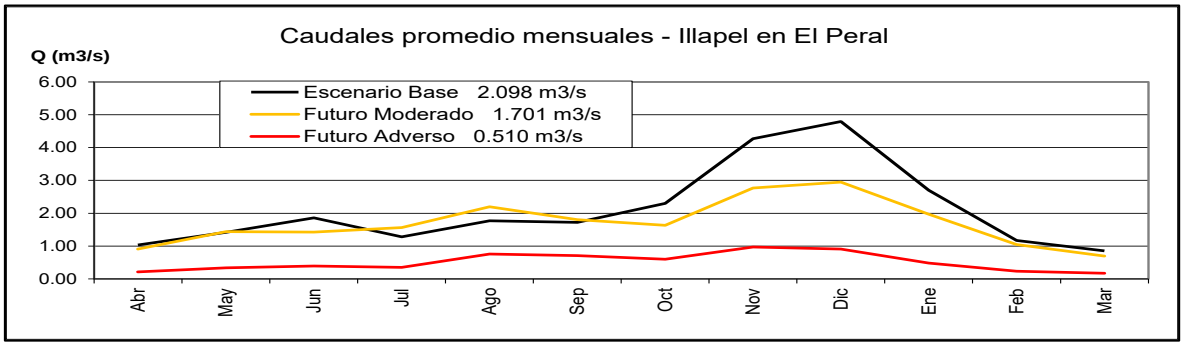
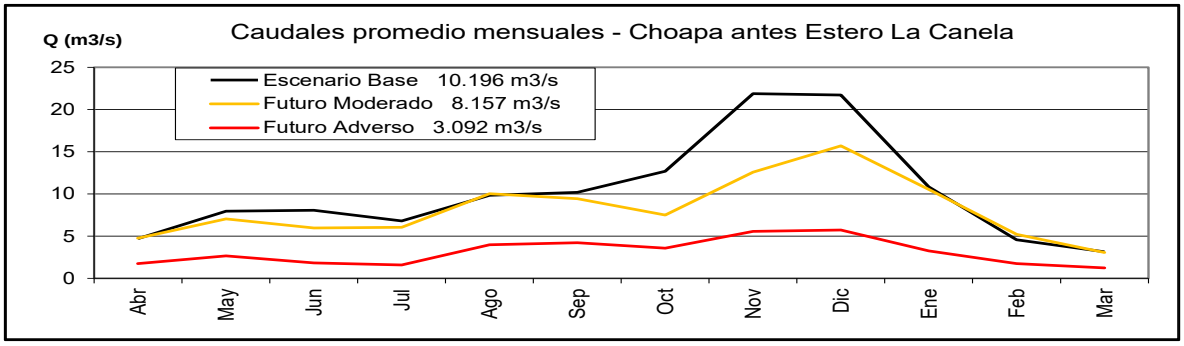


Figura 9.4-25 Caudal promedio mensual Choapa antes Estero La Canela

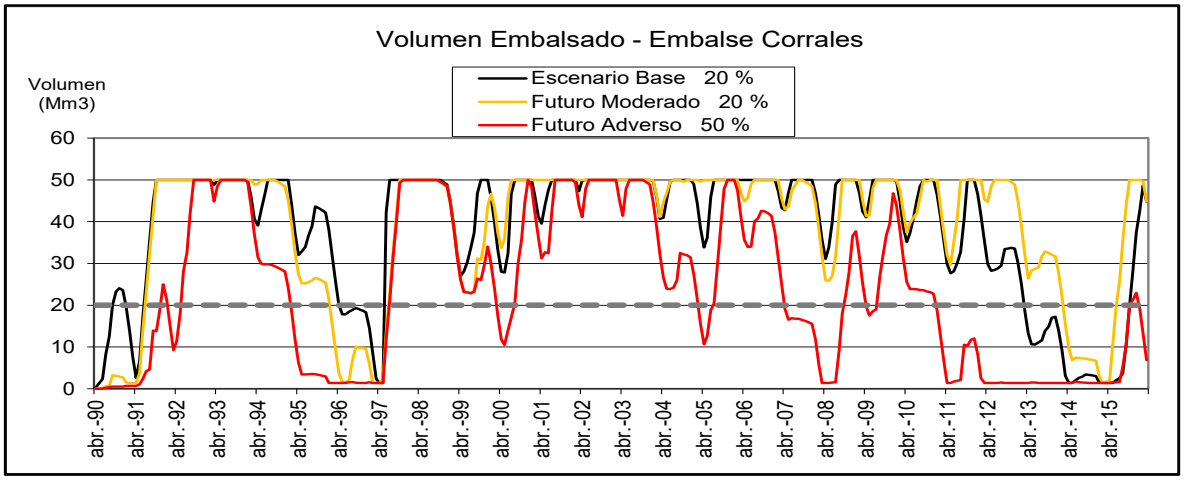


b) Volumen de embalses

Como respuesta del sistema a los cambios en los caudales disponibles, es posible observar los efectos que se generan en las obras de almacenamiento existentes. Se asume que se mantienen las reglas de operación y distribución actuales de tales obras.

En la Figura 9.4-26 se presenta la serie de acumulación del embalse Corrales, para los tres escenarios futuros hasta aquí considerados. Como parte del análisis, se indica en la figura el porcentaje de tiempo (meses) en el cual el volumen acumulado cae bajo el umbral de 20 millones de m3. Este umbral históricamente sólo ha sido traspasado en los dos períodos más críticos de sequía (96-97 y 2011-2015), y se indica con línea segmentada.

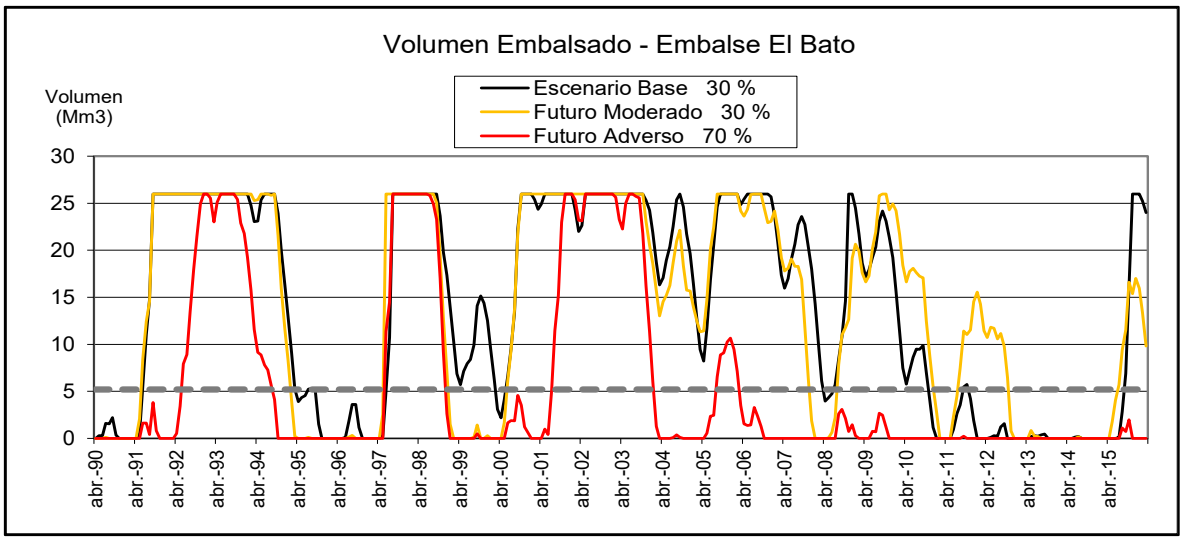
Figura 9.4-26 Volumen embalsado en el embalse Corrales y porcentaje de tiempo bajo umbral de 20 millones de m3



Es posible observar el fuerte impacto que tiene la caída de los caudales, así como los cambios en la demanda, sobre la dinámica de acumulación de volúmenes en el embalse. Al analizar el indicador definido para este ejercicio, se observa cómo bajo condiciones de cambio climático moderado, no existe un cambio apreciable en términos del tiempo bajo ese umbral, en contraste con el escenario adverso, el cual presenta una muy fuerte alza de este indicador.

En la siguiente Figura 9.4-27, se presenta el resultado del mismo análisis para el embalse El Bato. Al igual que para el caso anterior, se generó un indicador del tiempo que el volumen del embalse permanece bajo un cierto umbral, en este caso, 5 millones de m3.

Figura 9.4-27 Volumen embalsado en el embalse El Bato
y % de tiempo bajo el umbral de 40%



c) Canales

En el caso de los canales, al estar directamente vinculados a los cambios en la disponibilidad de caudales desde sus fuentes, ellos recurren en mayor medida a los embalses, generando las bajas de nivel observadas en los embalses.

A continuación, se presenta la Tabla 9.4-4, una tabla resumen de los efectos de los escenarios de cambio climático respecto el escenario futuro base, para las variables analizadas de caudal captado, caudal entregado a las zonas de riego, caudal percolado hacia los acuíferos y caudal devuelto al sistema superficial.

Tabla 9.4-4 Resultados para el conjunto de canales de la cuenca del Choapa

Caudal m3/s	**Esc Futuro Base**	**Esc CC Mod**	**Esc CC Adv**
Q Captado	15.387	15.594	11.661
Q entregado a ZR	7.077	7.875	6.867
Q Percolado	2.771	2.766	2.110
Q Devolución	5.538	4.953	2.684

Se puede apreciar que el escenario de cambio moderado no tiene gran influencia sobre los caudales caoptados, incluso los aumenta levemente, lo mismo que los caudales entregados a las zonas de riego. El escenario adverso, en cambio, genera una fuerte reducción de ambas variables.

En cuanto a las percolaciones y devoluciones, se aprecia lo mismo: en el escenario moderado no hay gran diferencia respecto del escenario futuro base. En el escenario adverso, en cambio, se ven afectadas fundamentalmente las devoluciones, porque el agua recibida se utiliza más intensamente.

d) Zonas de riego

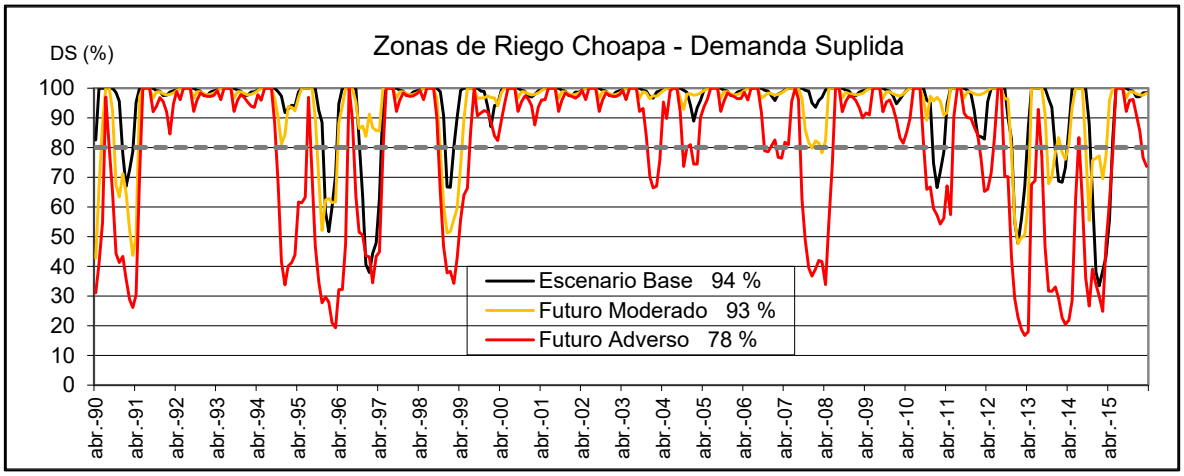
Al explorar la respuesta de las zonas de riego de la cuenca a los cambios proyectados, es posible apreciar que el cambio climático genera un aumento de la demanda evapotranspirativa de los cultivos, con lo cual aumenta la demanda en la zona de ri3go, y hacia los canales. Sin embargo, el cambio climático también afecta la oferta. Si bien la afección resultante de esta combinación no es demasiado notoria en el caso del cambio moderado, el impacto es muy evidente en el caso del cambio severo. Los resultados para el total de 16.790 hectáreas reconocidas hoy como de riego potencial, se presentan en la Tabla 9.4-5.

Tabla 9.4-5 Resultados para el total de zonas de riego de la cuenca del Choapa

Caudal m3/s	Esc Futuro Base	Esc CC Moderado	Esc CC Adverso
Q demandado nivel raíz	4.715	5.189	5.606
Q demandado entrada ZR	7.915	8.806	9.661
Q entregado por canales	7.077	7.875	6.867
Q entregado por pozos	0.065	0.078	0.217
Q entregado por precipitación	0.248	0.214	0.114
Q recibido entrada ZR	7.390	8.167	7.198
Q evapotranspirado	4.316	4.750	4.245
Q percolado a acuíferos	1.675	1.862	1.623
Q derramado	1.399	1.554	1.330
% Demanda Suplida	94	93	78
Seguridad de riego	58	58	19

Un efecto interesante es la importante caída en el % de demanda suplida bajo condiciones más severas de cambio climático, explicada tanto por la disminución en la oferta de agua en el sistema en general, como por el aumento en la demanda debido a la reducción de precipitación efectiva y al aumento de la evapotranspiración, todo debido al aumento de temperatura. Esto se aprecia en la Figura 9.4-28.

Figura 9.4-28 Porcentaje de demanda suplida en escenarios futuros



e) Acuíferos

Para el caso de los acuíferos, se realiza un análisis similar al anterior, buscando explicar la forma en que el cambio climático afecta las variables de estudio, según se muestra en la Tabla 9.4-6.

Tabla 9.4-6 Resultados para el total de acuíferos de la cuenca del Choapa

Caudal m3/s	Esc Futuro Base	Esc CC Moderado	Esc CC Adverso
VOL_MAX	404.7	404.7	404.7
Q_PERC_CANALES	2.771	2.766	2.110
Q_PERC_CAUCE	1.347	1.188	0.576
Q_PERC_ZR	1.675	1.861	1.622
Q_AFLORADO	4.878	4.814	3.204
Q_RECARGA_NETA	0.911	0.996	1.100
Q_ET	0.359	0.443	0.463
Q_BOMB_RIEGO	0.065	0.078	0.217
Q_BOMB_AP	0.103	0.103	0.099
Q_BOMB_MIN	0.133	0.133	0.133
Q_BOMB_IND	0.008	0.008	0.008
Q bombeo restitución MLP	0.145	0.144	0.144

Se puede apreciar que con el cambio climático se reduce la percolación desde canales y cauces, y aumenta la extracción para riego, con lo que hay una mayor explotación de los acuíferos, la que permite, por lo tanto, una mayor recarga neta. Con ello, se reduce el caudal de afloramiento.

No aumentan los bombeos de minería, industria ni de agua potable, debido a los supuestos de derechos, que generan un tope a la extracción. La extracción para riego puede aumentar mientras esté por debajo del tope que imponen los derechos.

9.4.4 Escenarios de cambios estructurales y de gestión

De acuerdo con lo señalado arriba, los cambios estructurales y de gestión, cuyo análisis con el modelo WEAP solicitaron los partícipes de la gobernanza, son los siguientes:

- Escenario Embalse Cabecera sobre cambio climático moderado y severo

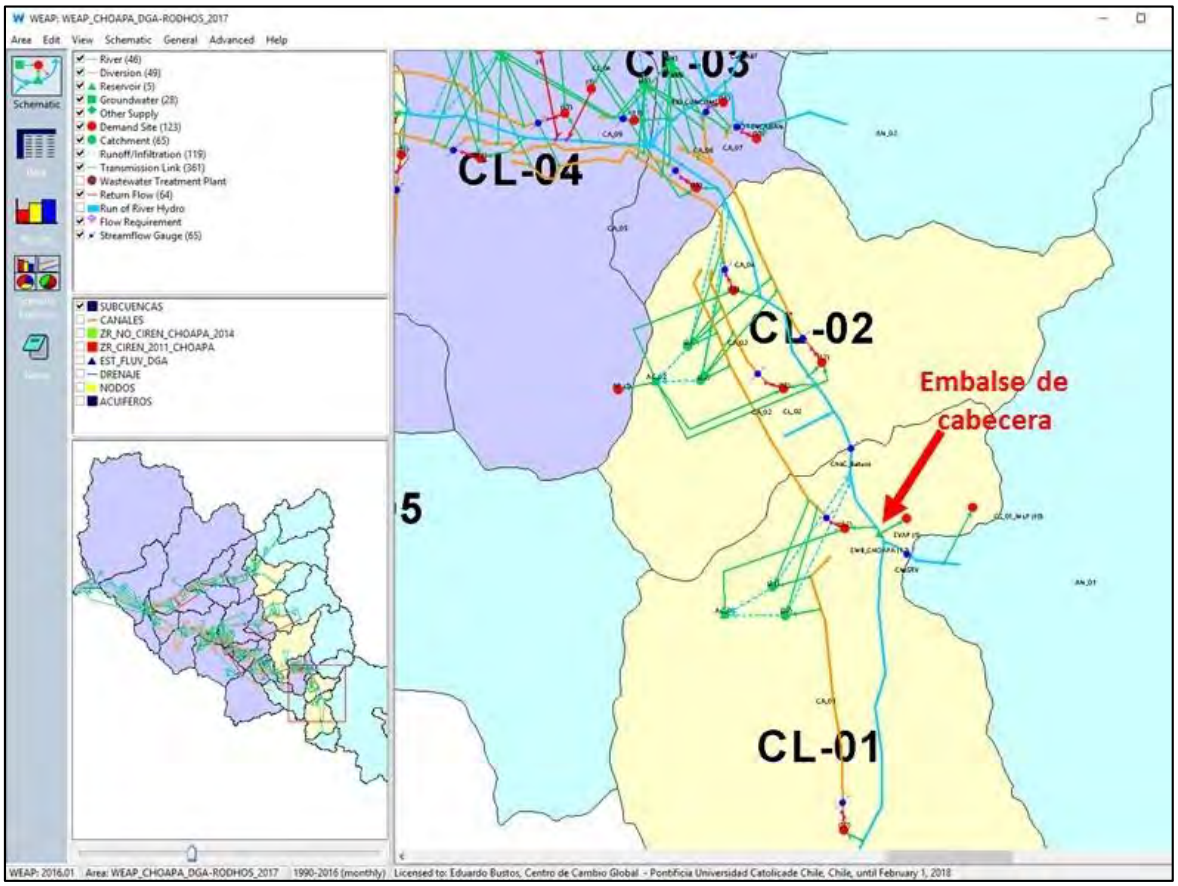
Este escenario considera una primera aproximación a la construcción y operación de un embalse de cabecera en la cuenca, ubicado aguas abajo de la confluencia de los ríos Valle y Choapa (Figura 9.4-29). Se consideraron como condiciones básicas del embalse, un volumen total embalsable de 70 millones de metros cúbicos (Mm^3) y una condición de buffer o restricción a la entrega a los 50 Mm^3, volumen bajo el cual la entrega del embalse hacia aguas abajo está restringida a un 10% del volumen almacenado remanente.

Esta es una primera propuesta de operación del embalse, la cual busca minimizar su vaciamiento, y así responder de mejor manera a las condiciones de escasez observadas. Esta forma de gestión se puede modificar en nuevos escenarios que la gobernanza desée definir y simular.

El efecto hidrológico de la construcción y operación de una infraestructura de estas características sobre el resto del sistema, depende de múltiples factores inciertos, tanto hidráulicos, como de operación humana. Por ello, es necesario considerar estos resultados como una primera aproximación a los efectos de la instalación de un embalse en la cuenca. Será necesario profundizar y complementar estos efectos con los estudios específicos pertinentes que respondan al diseño final de la infraestructura y de su regla de operación.

El embalse se sobrepuso a los escenarios de cambio climático moderado y severo, para evaluar su aporte en ambas condiciones.

Figura 9.4-29 Ubicación preliminar embalse cabecera río Choapa



- Escenario 100% revestimiento sobre cambio climático moderado

Este escenario consideró el revestimiento del 100% de los canales de la cuenca, eliminando así las pérdidas por conducción de los canales del sistema, aumentando la eficiencia en la conducción y disminuyendo la recarga hacia los acuíferos desde la red de canales. Estas condiciones se aplicaron sobre condiciones de clima e hidrología de cambio climático moderado.

- Escenario 100% tecnificación sobre cambio climático moderado

Este escenario considera que todas las zonas de riego (ZR en el modelo) poseen riego tecnificado con un 100% de eficiencia en la aplicación. Estas condiciones se aplicaron sobre condiciones de clima e hidrología de cambio climático moderado.

- Escenario sin MLP sobre cambio climático moderado (MLP utilizaría sólo agua de mar)

Se consideró un escenario en el cual se eliminó la demanda de agua por parte de Minera Los Pelambres, tanto desde el río Choapa (0,4 m3/s), como desde el río Cuncumén, que se restituyó a régimen natural, y eliminando la extracción de 133 l/s desde las aguas subterráneas del acuífero AC-03 de Cuncumén. Estas condiciones se aplicaron sobre condiciones de clima e hidrología de cambio climático moderado.

Los resultados completos de estos escenarios se encuentran, por un lado, dentro del modelo WEAP, Anexo Capítulo 9, Modelo, y por otro lado, extraídos según la metodología de Orphanópoulos y Dumoulin, 2015, en el Anexo Capítulo 9, Escenarios definitivos.

A partir del análisis de estos escenarios, se han respondido, una a una, las inquietudes de los partícipes, recopiladas en los talleres, en especial el taller 3, del 4 de agosto de 2017.

a) Extracciones de aguas subterráneas por uso y por escenario

Parte importante de las preocupaciones manifestadas por los participantes, dicen relación con las aguas subterráneas de la cuenca bajo los distintos escenarios.

En la siguiente Tabla 9.4-7 se ha hecho un resumen con las extracciones de aguas subterráneas a nivel de la cuenca completa, para todos los usos, para todos los escenarios simulados. El detalle por acuífero se puede ver en las planillas "Nombre escenario"_Balance_AC.xls, del Anexo Capítulo 9.

Tabla 9.4-7 Extracciones de aguas subterráneas por usos y por escenarios (m3/s)

Escenario	Q ET	Q Bombeo Riego	Q Bombeo AP	Q Bombeo Minería	Q Bombeo Industrial	Q Bombeo MLP para restitución al riego	Q Bombeo Total
Calib 28	0.359	0.060	0.103	0.133	0.008	0.057	0.360
CC Moderado	0.443	0.078	0.103	0.133	0.008	0.144	0.465
CC Adverso	0.463	0.217	0.099	0.133	0.008	0.144	0.600
Futuro Base	0.359	0.065	0.103	0.133	0.008	0.145	0.454
100% Rev Canales CC Mod	0.436	0.066	0.103	0.133	0.008	0.145	0.455
100% Tec Riego CC Mod	0.435	0.036	0.102	0.133	0.008	0.145	0.424
Emb Cab CC Adv	0.463	0.196	0.099	0.133	0.008	0.145	0.581
Emb Cab CC Mod	0.443	0.072	0.103	0.133	0.008	0.145	0.461
Sin MLP CC Mod	0.443	0.069	0.103	0.000	0.008	0.145	0.325

Según se puede observar, el uso más importante de aguas subterráneas lo constituye la evapotranspiración de la vegetación natural desde el cauce. Algunos usos topan en los límites impuestos a la extracción (derechos o caudales máximos), como el agua potable, minería y restitución de MLP al río. El uso de riego en promedio es muy bajo, pues topa en unos derechos que fueron restringidos, no basados en la recarga del acuífero, sino que en la interacción superficial-subterránea, por la posible afectación de derechos superficiales de terceros.

Los escenarios más demandantes de agua subterránea para riego son los de cambio climático adverso, con o sin embalse de cabecera. Todos los demás escenarios no muestran un uso importante de agua subterránea para riego, debido a que existe un tope en los derechos.

b) Interacción superficial-subterránea

La interacción superficial-subterránea se debe entender hacia ambos lados: alimentación de los acuíferos a partir de los ríos en tiempos de niveles estáticos bajos, y alimentación del río a partir de los acuíferos, en tiempos de niveles estáticos altos.

Debido a ello es que se ha distinguido entre una recarga potencial, que es el caudal disponible para ingresar al acuífero, y dos posibles caudales a partir de él: una recarga neta, que es la que realmente ingresa al acuífero, y un caudal de afloramiento, que es el rechazo de recarga cuando no hay espacio en el acuífero. La recarga neta y el afloramiento suman la recarga potencial.

En la siguiente Tabla 9.4-8 se presenta el valor global para toda la cuenca. El detalle por acuífero se puede ver en las planillas "Nombre escenario"_Balance_AC.xls del Anexo Capítulo 9.

Tabla 9.4-8 Interacción superficial-subterránea (m3/s)

		Q Recarga Potencial					
Escenario	**Vol máx Mill m3**	**Q Perc Canales**	**Q Perc Cauce**	**Q Perc ZR**	**Q Recarga Potencial Total**	**Q Recarga Neta**	**Q Aflorado**
Calib 28	404.7	3.247	1.485	1.444	6.177	0.856	5.318
CC Moderado	404.7	2.766	1.188	1.861	5.815	0.996	4.814
CC Adverso	404.7	2.110	0.576	1.622	4.308	1.100	3.204
Futuro Base	404.7	2.771	1.347	1.675	5.793	0.911	4.878
100% Rev Canales CC Mod	404.7	0.000	1.176	1.913	3.090	0.932	2.153
100% Tec Riego CC Mod	404.7	2.746	1.177	0.023	3.946	0.939	3.007
Emb Cab CC Adv	404.7	2.238	0.562	1.683	4.483	1.083	3.396
Emb Cab CC Mod	404.7	2.892	1.164	1.913	5.969	0.993	4.971
Sin MLP CC Mod	404.7	2.871	1.303	1.908	6.083	0.863	5.215

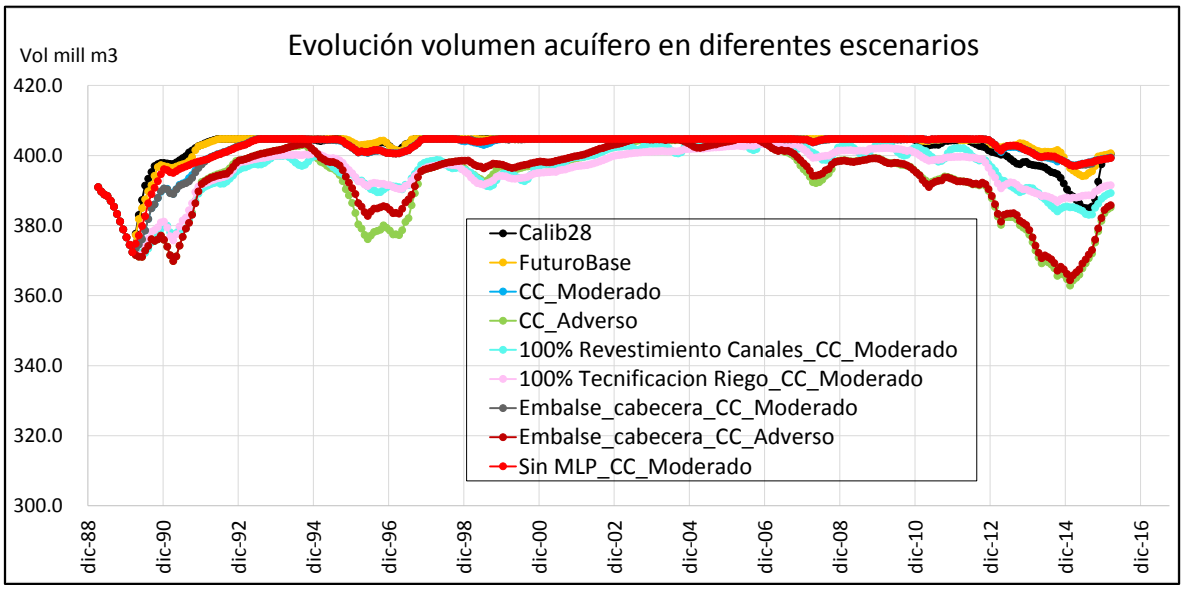
La Tabla 9.4-8 muestra que la interacción superficial-subterránea consiste fundamentalmente en un caudal importante disponible para ingresar al acuífero (recarga potencial), el que en una porción muy mayoritaria no logra ingresar, manteniendo mediante afloramientos el caudal superficial que sigue escurriendo por el río. En ese sentido, se observa que la medida de restringir (y prohibir) la constitución de nuevos derechos subterráneos, es efectiva en el sentido de mantener un caudal fluyendo por el

río, destinado a satisfacer los derechos superficiales ya otorgados, pero no lo es desde un punto de vista de gestión integrada del recurso hídrico. Con esta medida se mantienen los acuíferos generalmente llenos, no permitiendo que cumplan una función de aporte de recursos nuevos, y además, reguladora.

c) Volumen de los acuíferos

En la Figura 9.4-30 se presenta la variación del volumen mensual para el total de acuíferos definidos en la cuenca, según los distintos escenarios evaluados.

Figura 9.4-30 Evolución del volumen total del acuífero por escenario



Se observa que los escenarios que menos afectan el volumen almacenado, son el escenario histórico de calibración, salvo en el último período de sequía, y los escenarios Futuro Base, cambio climático moderado, embalse de cabecera sobre cambio climático moderado, y retiro completo de MLP.

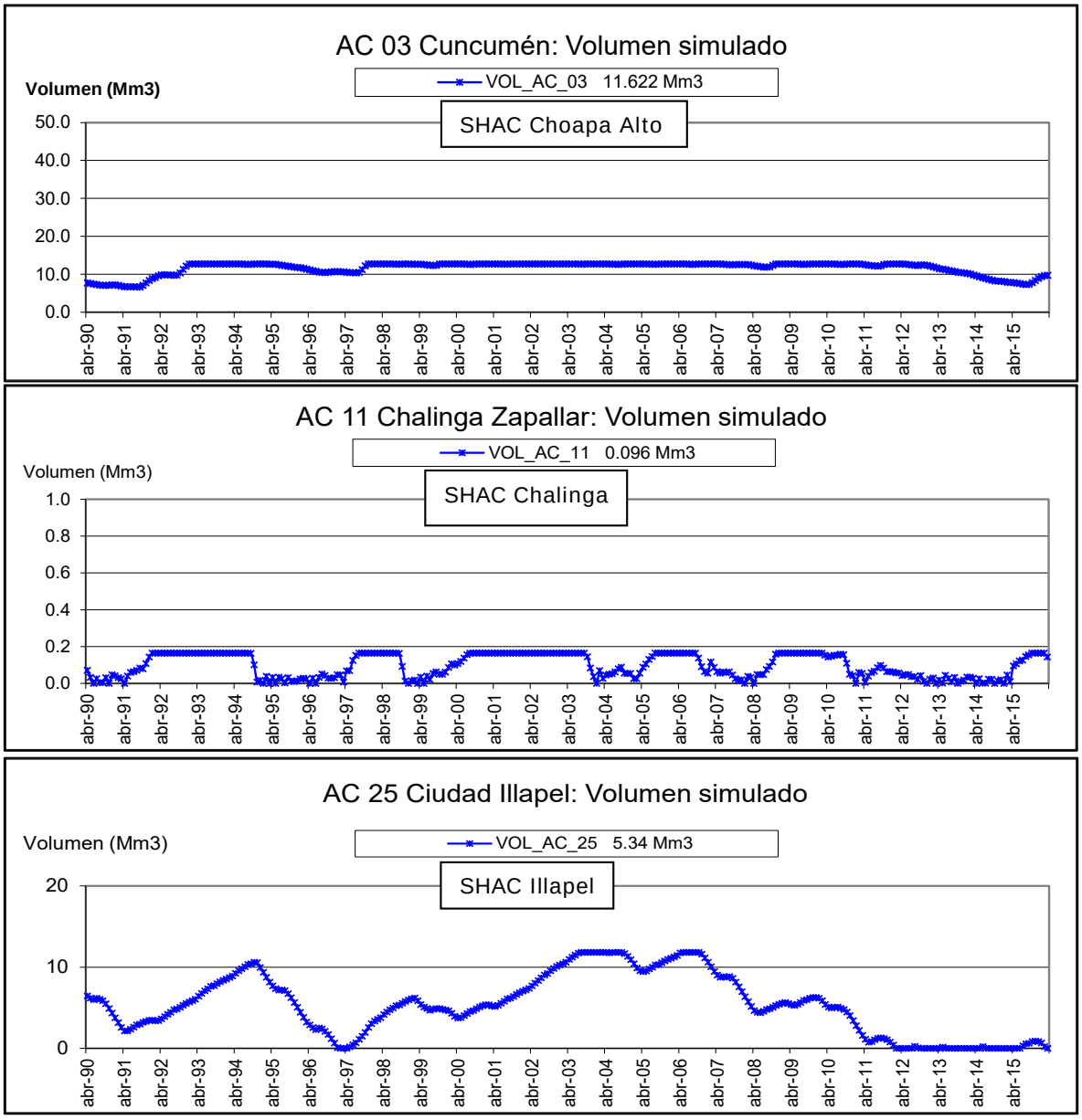
Los escenarios que afectan medianamente los acuíferos, son los de revestimiento 100% y tecnificación 100%. Los escenarios más desfavorables son los de cambio climático severo, con y sin embalse de cabecera.

En la Figura 9.4-30 es necesario señalar que el eje Y no se inicia en cero, sino que en 300 millones de m3. Esto muestra que el efecto de todos los escenarios estaría aún lejos de afectar la capacidad total de los acuíferos.

Sin embargo, es necesario considerar que el acuífero está completamente subdividido en diferentes sectores acuíferos, los cuales están afectados muy diversamente por los efectos de extracción, sequía y cambio climático. Por eso, para evaluar el efecto de las acciones o cambios impuestos en cada uno de los escenarios, es conveniente analizar sector acuífero por sector acuífero, la información que está contenida en las planillas correspondientes llamadas "Nombre escenario"_Balance_AC.xls.

Observando ahora los acuíferos individuales, se presentan a continuación los más afectados, que serían los de Illapel, Zapallar y Cuncumén, según se aprecia en la siguiente Figura 9.4-31.

Figura 9.4-31 Evolución del volumen en acuíferos más afectados por cambio climático

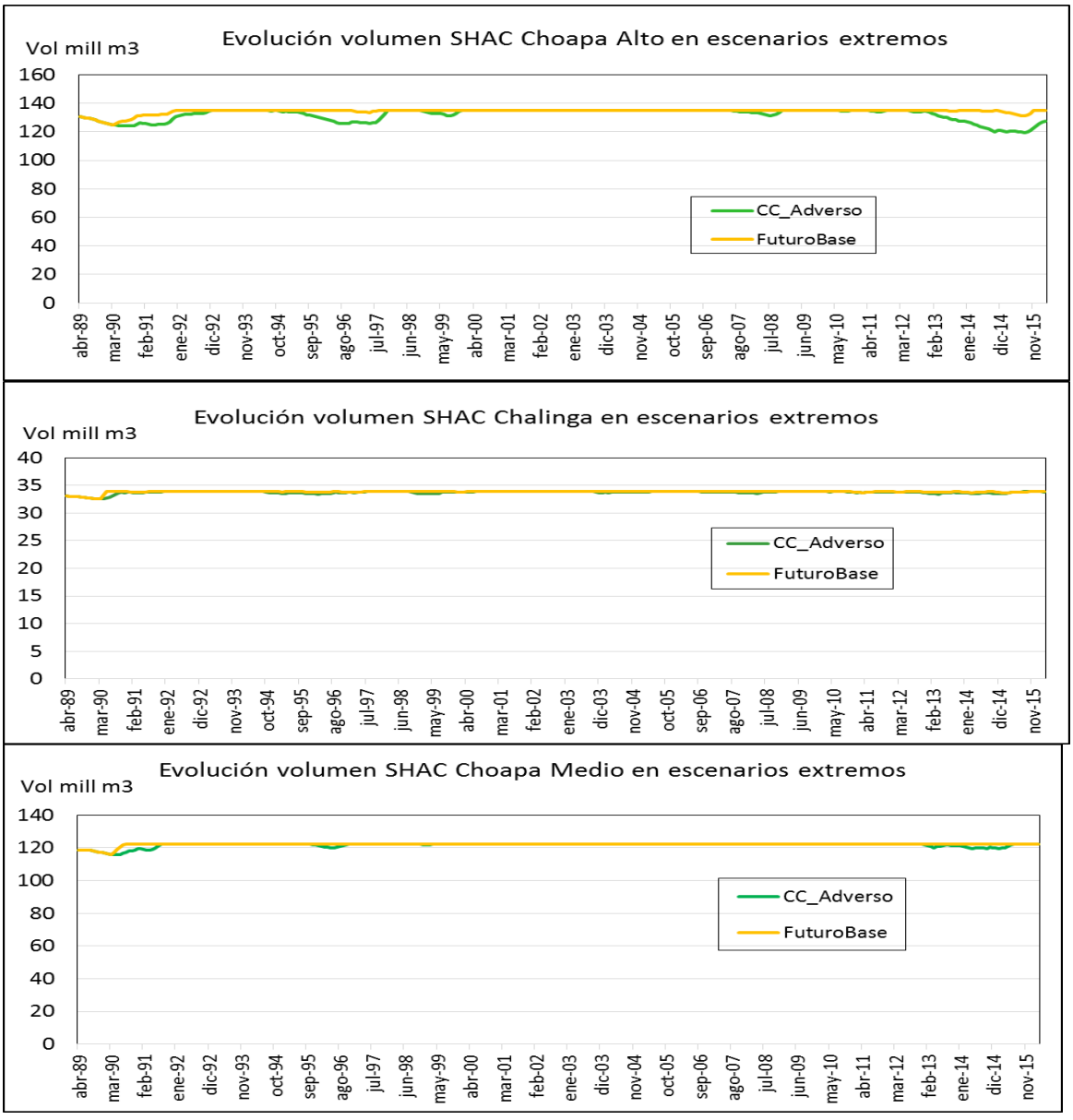


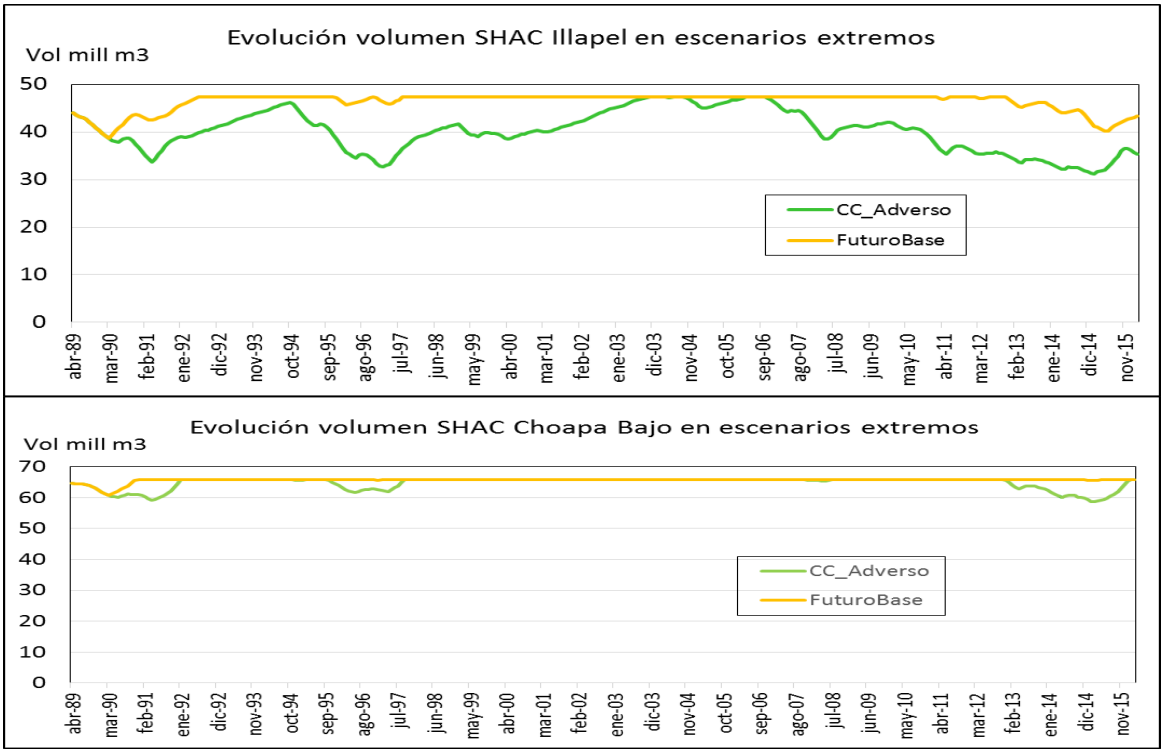
Al realizar el análisis por SHAC, se observa el comportamiento de la Figura 9.4-32. La forma en que se configuran las porciones acuíferas en la cuenca del Choapa, muestran que los SHAC, al ser definidos de acuerdo con las necesidades prácticas para el otorgamiento de los derechos de agua, agrupan todos los sectores acuíferos de un afluente o de un tramo de río, con lo cual enmascaran los efectos que se pueden apreciar

por sector. Por ejemplo, los SHAC Choapa Alto y Chalinga casi no presentan afección, aunque contienen algunos sectores quen sí podrían estar muy afectados. Por otrolado, se aprecia muy afectado el SHAC de Illapel. Observando los acuíferos individuales, los que imprimen esta característica al SHAC Illapel son los acuíferos más afectados, que son AC25 y AC26, mientras que los acuíferos AC23 y AC24 casi no presentan afección.

A medida que se incorpore mayor información, será posible hacer una delimitación de los SHAC, que represente mejor el comportamiento de los acuíferos.

Figura 9.4-32 Evolución del volumen de los SHAC en escenarios extremos





d) Evolución de la matriz de cultivos

Parte importante de las dinámicas asociadas al agua son posibles de explicar mediante la evolución y composición de la matriz agrícola de la cuenca.

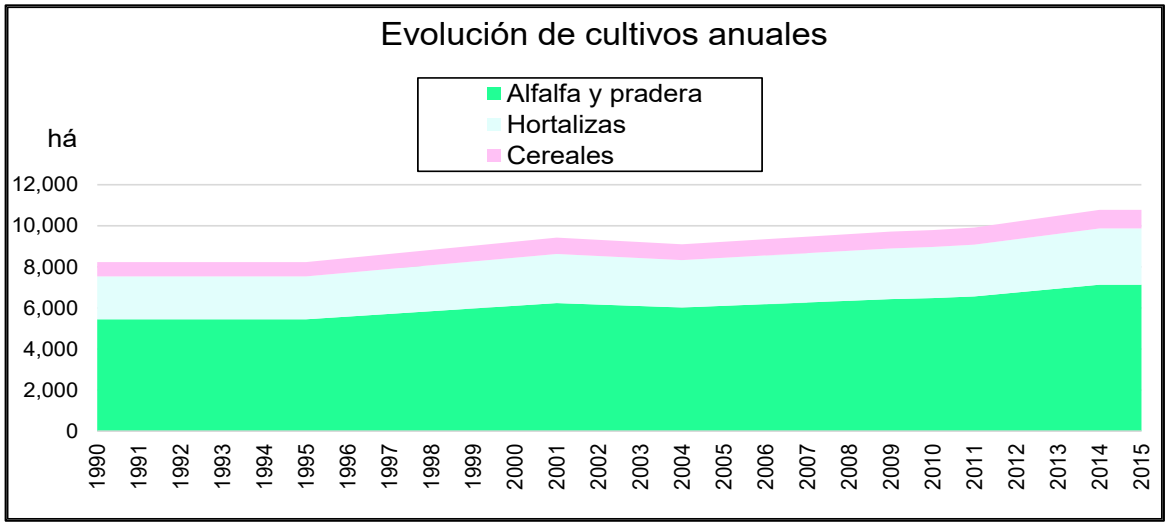
La base para el análisis está tomada de los censos agrícolas de 1976, 1997 y 2007, y de estudios que explican las cifras entre censos.

En cuanto al riego, éste ha tenido una evolución especialmente en la última década, evolucionando la superficie tecnificada desde 1% del área (de 14.300 ha cultivadas) el año 2000, a 4% del área (de 15.000 ha cultivadas) el año 2013, y a 23% del área (de 17.000 ha cultivadas), el año 2016.

En lo que respecta a la estructura de cultivos, la cuenca presenta una alta proporción de cultivos anuales o forrajeras (66%) respecto a cultivos permanentes o frutales (34%).

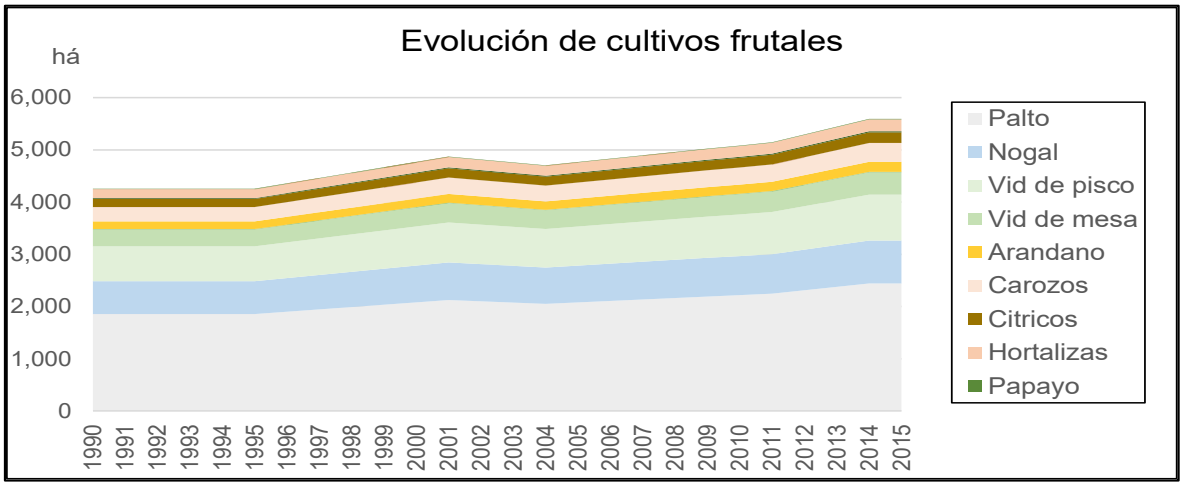
La Figura 9.4-33 muestra la evolución de los cultivos anuales, donde se aprecia que al año 2016 la categoría de alfalfa y praderas representa más de un 60% de este tipo de cultivos, siendo el grupo que ha aumentado su superficie durante el periodo de estudio.

Figura 9.4-33 Evolución de cultivos anuales en la cuenca



En lo que respecta a los cultivos frutales, destacan el palto, uva pisquera y nogal como los principales cultivos, con un 44%, 16% y 15% respectivamente al año 2016, siendo estos cultivos los que han mostrado un crecimiento de más de 1.000 há en el periodo de estudio, según se aprecia en la Figura 9.4-34.

Figura 9.4-34 Estructura productiva – Evolución de los frutales en la cuenca



e) Demanda de agua de riego

Siguiendo con el análisis, se propuso mirar con mayor detalle la distribución de la demanda de agua por tipo de cultivo, con tal de poder identificar aquellos cultivos que son los más relevantes desde el punto de vista del consumo.

El análisis se hace desde tres puntos de vista diferentes:

- Demanda neta

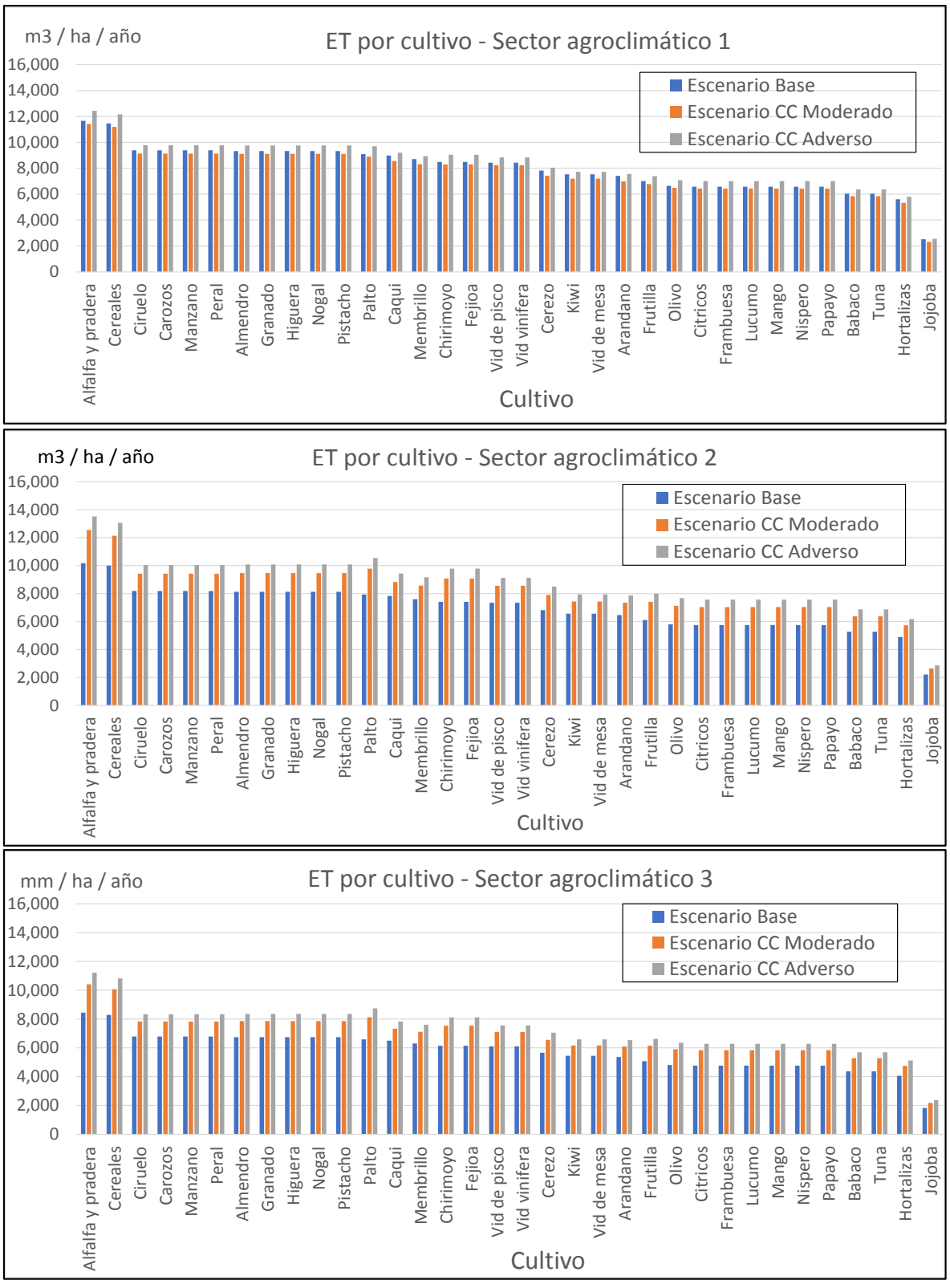
Se presenta a continuación la demanda neta o evapotranspirativa de cada uno de los cultivos. Esta demanda varía en función del sector agroclimático de la cuenca donde se encuentra el cultivo (se definieron tres sectores) y del clima aplicado (actual, cambio moderado y cambio severo).

La siguiente Figura 9.4-35 muestra la demanda neta o consuntiva (evapotranspiración) de los diferentes tipos de cultivos presentes en la cuenca, en función del sector agroclimático en que se encuentran, y del clima aplicado.

A partir de estas figuras, se puede apreciar que los cultivos más demandantes de agua son los cultivos de alfalfa, pradera y cereales, y no los paltos, como se oye eventualmente en la cuenca. Los paltos no tienen demandas netas muy diferentes a todo el resto de frutales que se cultivan en la cuenca, nogal, granado y carozos, incluso similar a la vid de pisco.

Los cultivos que demandan menos agua son los olivos, tunas, hortalizas (considerando que éstas se planten varias veces al año), y especialmente la jojoba.

Figura 9.4-35 Demanda evapotranspirativa de los cultivos según ubicación y clima

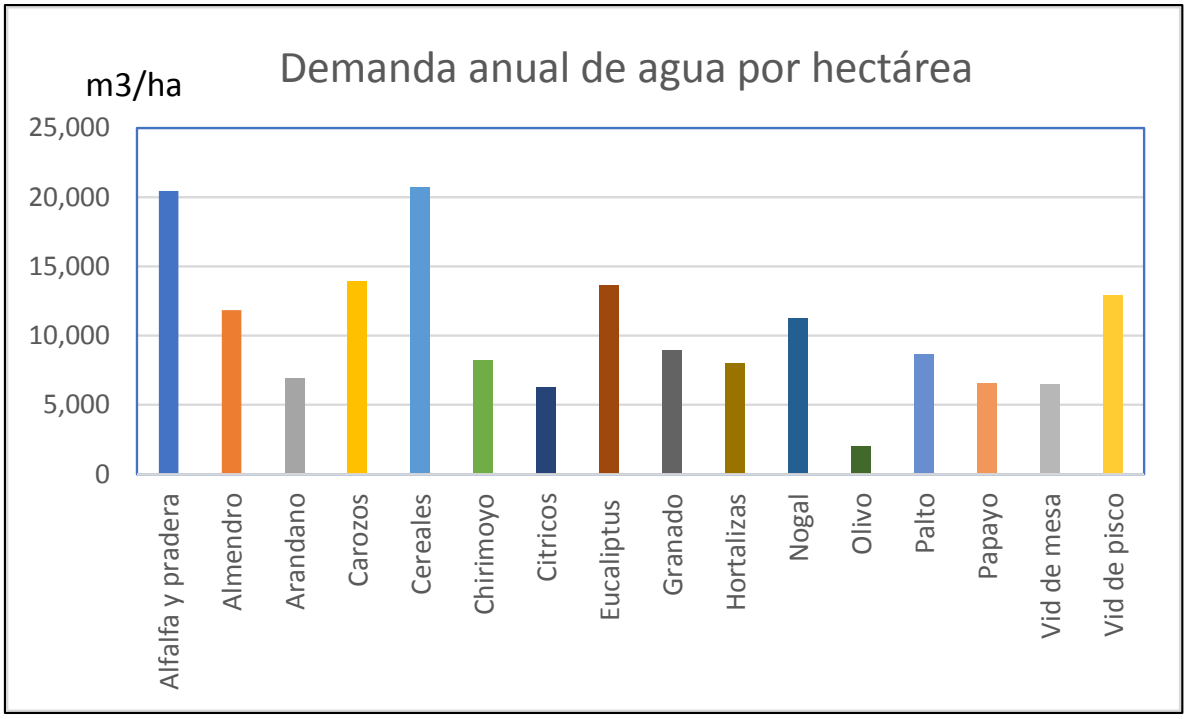


- Demanda de riego promedio por hectárea

A continuación se analizó la tasa de consumo por hectárea por año de estos cultivos, incluida la ineficiencia de riego (o pérdidas asociadas al sistema de riego), con el objetivo de poder comparar de mejor manera el volumen de agua que usa cada hectárea de estos cultivos en la actualidad (Figura 9.4-35).

En la Figura 9.4-36 se presenta el monto de la demanda anual por hectárea, de cada cultivo, incluidas las ineficiencias del método de riego.

Figura 9.4-36 Demanda de agua anual para riego por hectárea por tipo de cultivo

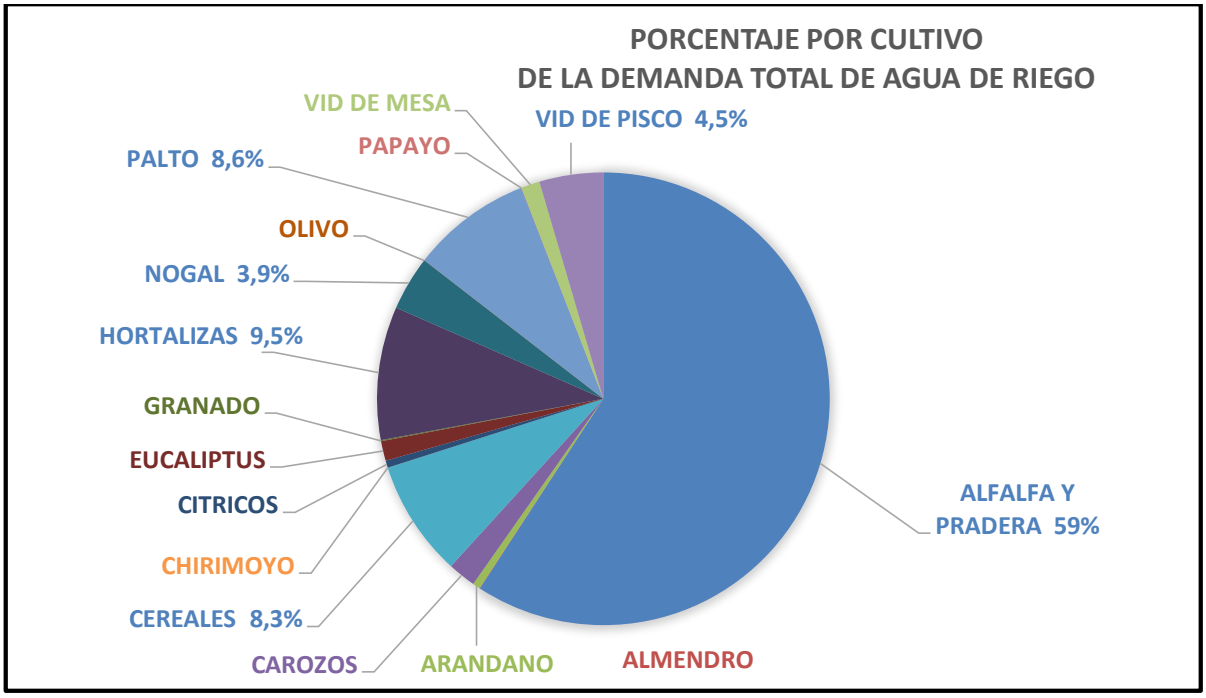


En este indicador promedio, los cereales y alfalfa/pradera son los cultivos más demandantes de agua, no sólo por su elevada evapotranspiración, sino que también por la ineficiencia de los métodos con que se riegan (sobre 20.000 m3/año). Los carozos aparecen como el grupo de frutales con la mayor tasa de riego en la cuenca, seguidos por vid de pisco y nogales, todos sobre 11.000 m3/ha/año. Más atrás, con 9.000 y 8.000 m3/há/año se encuentran paltos y hortalizas. La vid de mesa, cítricos y arándanos muestran las más bajas demandas, debido a que están mayoritariamente tecnificados en la cuenca.

- Demanda a nivel de zona de riego (con ineficiencia de riego incluida)

Se calculó la demanda de todos los cultivos a lo largo de la cuenca. De esta forma, es posible identificar que los cereales, alfalfa y praderas consumen el 67% del total del agua demandada, mientras que los frutales y hortalizas, el restante 33 (Figura 9.4-37).

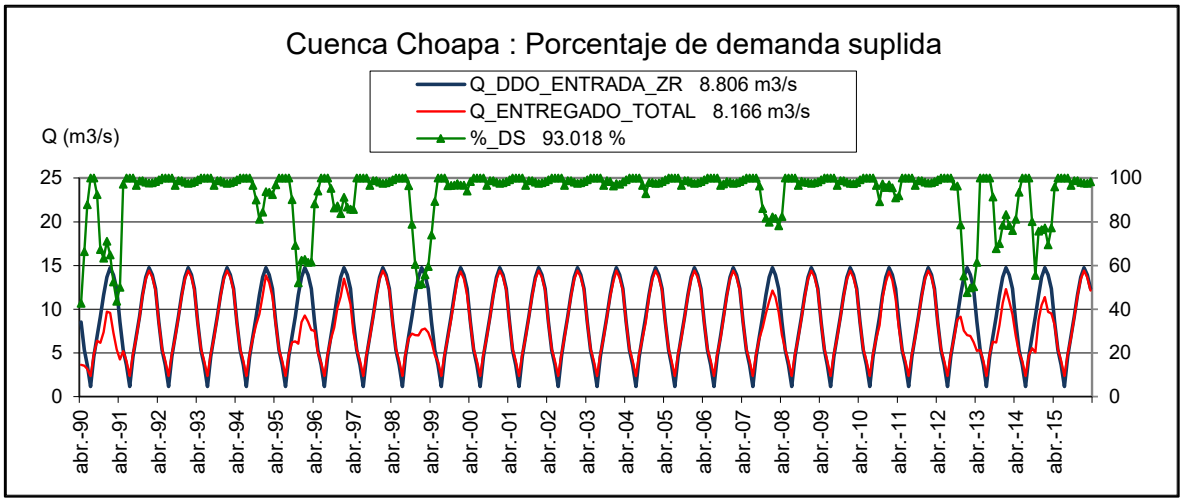
Figura 9.4-37 Porcentaje por cultivo de la demanda total de agua de riego



f) Ampliación posible de la superficie de riego seguro si todo se tecnificara

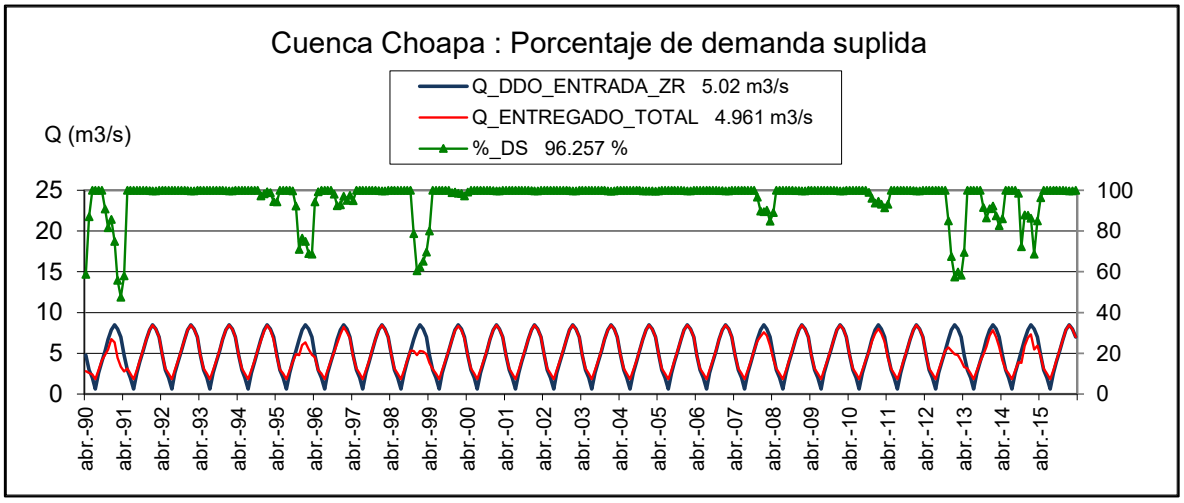
En un escenario futuro con cambio climático moderado, la situación de satisfacción de la demanda a nivel de la cuenca completa es la que se aprecia en la Figura 9.4-38 adjunta. El porcentaje de demanda suplida en promedio es de 93%, y la seguridad de riego resulta de 58%.

Figura 9.4-38 Porcentaje de demanda suplida escenario CC moderado



Al aplicar un 100% de tecnificación sobre este escenario de cambio climático moderado, se obtiene la situación de la Figura 9.4-39. El porcentaje de demanda suplida en promedio sube a 96%, y la seguridad de riego, a 69%.

Figura 9.4-39 Porcentaje de demanda suplida en escenario de 100% tecnificación

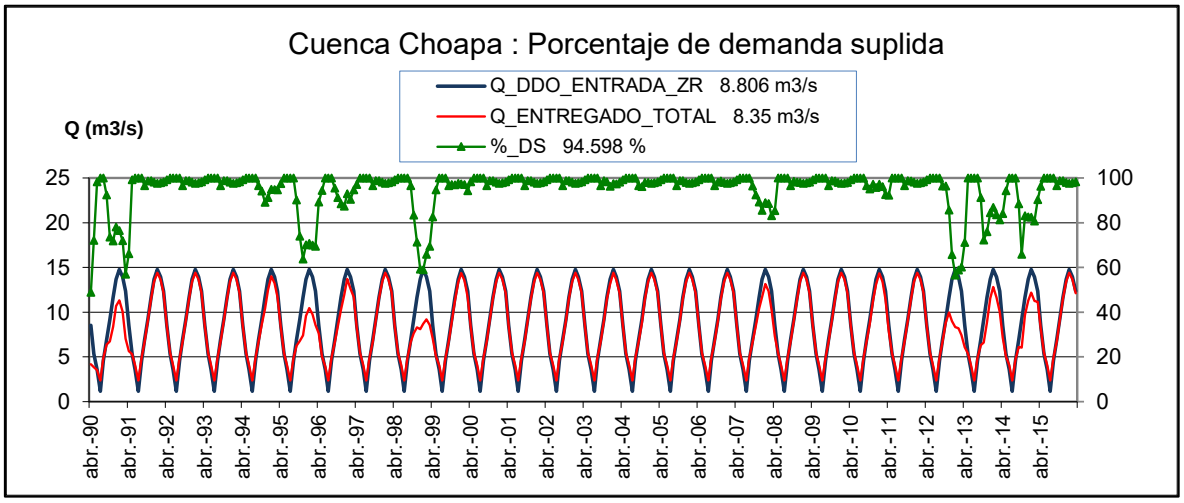


Las cifras resultantes muestran que en vez de regar un 58% del área, es decir, 9738 hectáreas, con alta seguridad de riego, con el 100% de tecnificación se podrá regar bien el 69% del área, es decir, 11.586 hectáreas. Se produjo un aumento de hectáreas con alta seguridad de riego, de casi 1.850 hectáreas.

g) Ampliación posible de la superficie de riego seguro si MLP se surtiera sólo de agua de mar

Este escenario, si bien es utópico debido a que MLP tiene derechos constituidos sobre el agua que utiliza, presentaría la gráfica de demanda suplida de la Figura 9.4-40.

Figura 9.4-40 Porcentaje de demanda suplida en escenario "Sin MPL CC Mod"



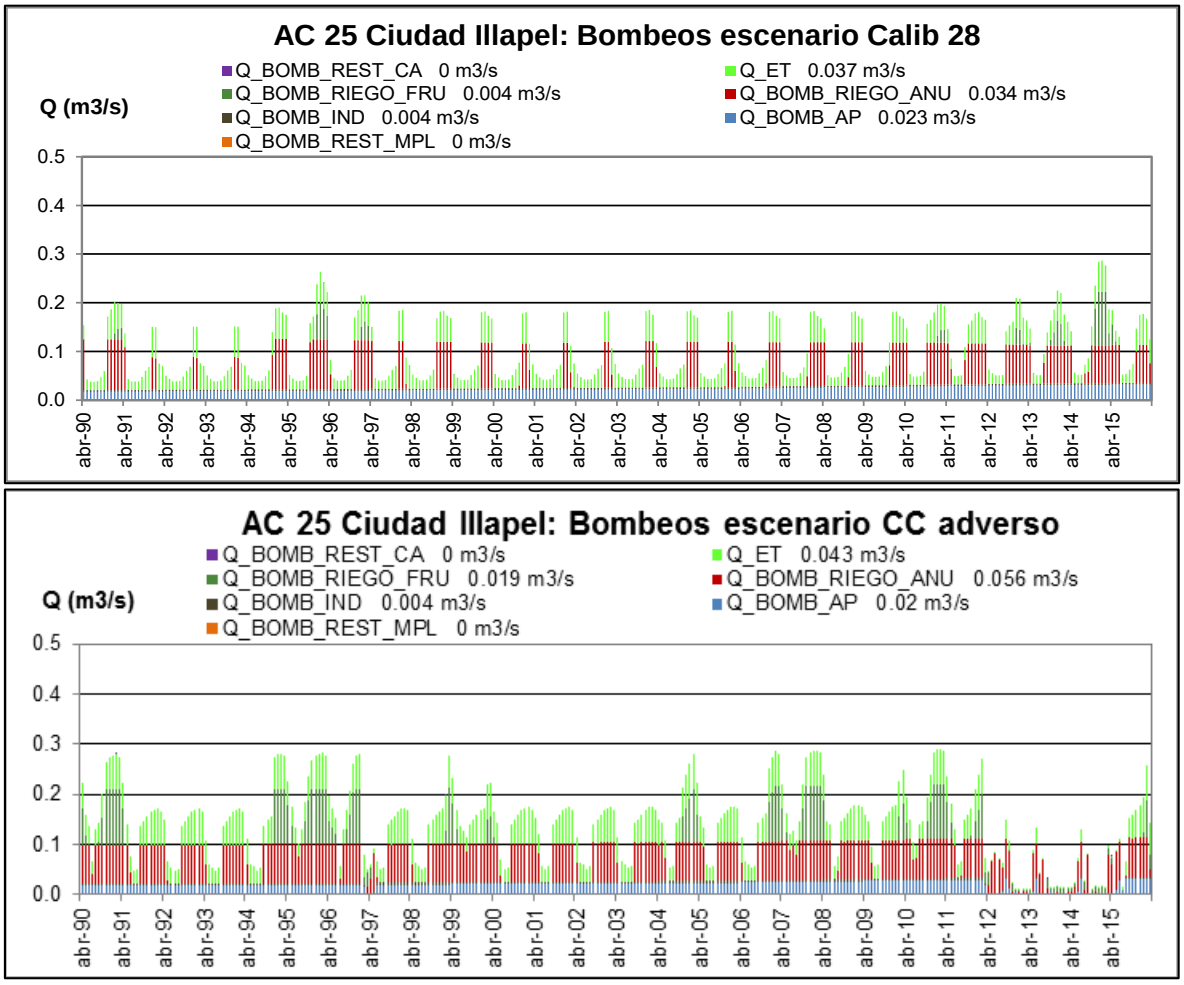
En comparación con la Figura 9.4-38, del escenario CC moderado, se aprecia que en los años más secos, mejoraría la cobertura. La seguridad de riego subiría de 58% a 65%, es decir, aumentaría el área con seguridad de riego, en casi 1200 ha.

h) Asignación del agua entre diferentes usos en períodos secos y húmedos

La modelación se basa en una distribución por derecho. De este modo, los usos subterráneos reciben todos sus derechos en la medida que ello es físicamente posible, es decir, que haya agua en el acuífero. Los derechos superficiales se prorratean de acuerdo con la disponibilidad u oferta.

El agua potable, que tiene mayoritariamente una fuente subterránea, y extrae pocos litros por segundo, en general logra suplir su demanda al 100%, salvo en momentos muy críticos, como se puede observar en la Figura 9.4-41, donde en el escenario futuro de cambio climático adverso, el acuífero de Illapel se secaría, afectando la extracción de los derechos. Los resultados del modelo sólo muestran afección del acuífero de Illapel, en los dos escenarios de cambio climático severo y en el escenario de 100% de tecnificación, como se aprecia en la Tabla 9.4-9 a continuación.

Figura 9.4-41 Bombeo desde acuífero Illapel en escenario de calibración y de cambio climático adverso



En relación con el uso minero, en el río Choapa frente a la localidad de Cuncumén, MLP recibe 400 l/s siempre, en todos los escenarios (salvo "Sin MLP CC Moderado"), como ocurre en la realidad. Para ello, restituye al riego el caudal correspondiente al exceso de captación por sobre el desmarque, castigado en un 20%, a partir de sus pozos de restitución. Desde el río Cuncumén, extrae lo que le corresponde por desmarque, caudal que es variable en el tiempo.

Los resultados se muestran de dos formas:

- Resumen de captación promedio por uso para todos los escenarios

En la Tabla 9.4-9 adjunta, se muestra el caudal promedio captado por uso, en todos los escenarios. Se puede apreciar que los caudales promedio, captados por los usos de agua potable, minería e industria, además de mantenerse prácticamente constantes en todos los escenarios, son significativamente inferiores a los caudales captados para el riego agrícola. El porcentaje de captación promedio de cada uso, expresado como caudal total captado o como caudal consumido, se aprecia en las Tablas 9.4-10 y 9.4-11.

Tabla 9.4-9 Caudales promedio captados por uso en los escenarios simulados (m3/s)

Uso	Riego		ET Río	Agua Potable	Q Minería				Industria	Q captado	Q consumido
Escenario	Q captado en BT y pozos	Q Evapotranspirado	Q ET Río	Q Bombeo AP	Q Bombeo Minería	Q minería suoerficial Choapa	Q mninería superficial Cuncumén	Q TOTAL Minería	Q Industria	Q Total captado	Q Total consumido
Calib 28	15.922	3.719	0.359	0.103	0.133	0.400	0.458	0.991	0.008	17.383	5.180
Futuro Base	13.629	4.316	0.359	0.103	0.133	0.400	0.458	0.991	0.008	15.089	5.776
CC Moderado	13.771	4.750	0.443	0.103	0.133	0.400	0.467	1.000	0.008	15.324	6.303
CC Adverso	10.849	4.245	0.463	0.099	0.133	0.400	0.320	0.853	0.008	12.272	5.668
100% Rev Canales CC Mod	13.457	4.842	0.436	0.103	0.133	0.400	0.467	1.000	0.008	15.004	6.389
100% Tec Riego CC Mod	13.086	4.916	0.435	0.102	0.133	0.400	0.467	1.000	0.008	14.631	6.461
Emb Cab CC Mod	14.462	4.856	0.443	0.103	0.133	0.400	0.467	1.000	0.008	16.016	6.410
Emb Cab CC Adv	11.314	4.383	0.463	0.099	0.133	0.400	0.320	0.853	0.008	12.737	5.806
Sin MLP CC Mod	14.236	4.846	0.443	0.103	0.000	0.400	0.467	0.867	0.008	15.657	6.267

Tabla 9.4-10 Porcentajes por uso respecto del caudal captado (m3/s)

% por Uso	Q captado					
Escenario	Q Total captado	% minería	% agricultura	% agua potable	% ET río	% industria
Calib 28	17.383	5.7	91.6	0.6	2.1	0.0
Futuro Base	15.089	6.6	90.3	0.7	2.4	0.1
CC Moderado	15.324	6.5	89.9	0.7	2.9	0.1
CC Adverso	12.272	6.9	88.4	0.8	3.8	0.1
100% Rev Canales CC Mod	15.004	6.7	89.7	0.7	2.9	0.1
100% Tec Riego CC Mod	14.631	6.8	89.4	0.7	3.0	0.1
Emb Cab CC Mod	16.016	6.2	90.3	0.6	2.8	0.1
Emb Cab CC Adv	12.737	6.7	88.8	0.8	3.6	0.1
Sin MLP CC Mod	15.657	5.5	90.9	0.7	2.8	0.1

Tabla 9.4-11 Porcentajes por uso respecto del caudal consumido (caudal en m3/s)

% por Uso	Q consumido					
Escenario	Q Total consumido	% minería	% agricultura	% agua potable	% ET río	% industria
Calib 28	5.180	19.1	71.8	2.0	6.9	0.2
Futuro Base	5.776	17.1	74.7	1.8	6.2	0.1
CC Moderado	6.303	15.9	75.4	1.6	7.0	0.1
CC Adverso	5.668	15.0	74.9	1.8	8.2	0.1
100% Rev Canales CC Mod	6.389	15.6	75.8	1.6	6.8	0.1
100% Tec Riego CC Mod	6.461	15.5	76.1	1.6	6.7	0.1
Emb Cab CC Mod	6.410	15.6	75.8	1.6	6.9	0.1
Emb Cab CC Adv	5.806	14.7	75.5	1.7	8.0	0.1
Sin MLP CC Mod	6.267	13.8	77.3	1.6	7.1	0.1

Del total del caudal captado, la minería representa el 5,7% en el escenario histórico, y varía entre 5,5% y 6.9% dependiendo del escenario futuro que se considere. La agricultura capta el 91,6% del total del recurso captado, variando entre 88% y 92% para los diferentes escenarios futuros.

En cuanto al consumo neto, la minería consume el 19,1%, variando entre el 14 y 17% para los escenarios futuros. La agricultura consume el 71,8% del total del recurso consumido, y varía entre 74 y 77% en los escenarios futuros. El agua potable consume un 2% del recurso, la industria un 0,1 % y la evapotranspiración de la vegetación de cauce, alrededor del 7% del total del recurso consumido.

Esta tabla explica por qué el agua que se liberaría al eliminar a MLP como actor de la cuenca, no generaría un gran impacto sobre el riego. Esto se debe a que la baja eficiencia con que se usa el agua de riego en general, no permite sacar gran provecho adicional al uso de alrededor de 1 m3/s efectivo que hace la minería.

Nota: el caudal captado en bocatoma por los canales no incluye el canal Alimentador del Embalse Corrales (CA_47), debido a que esta agua se capta de nuevo para riego a través de los demás canales.

- Captación por uso en escenario Futuro Base, serie de tiempo

El agua total que recibe cada uso, por ejemplo en el escenario futuro base, se puede representar de la siguiente manera, según lo muestra la Figura 9.4-42.

En la Figura se puede apreciar la relación de los usos a lo largo del tiempo. El momento más seco de la estadística equivale al mes de junio de 2015 (junio de 2060 en la proyección de cambio climático), y el momento más húmedo, al mes de diciembre de 2002 (diciembre de 2047 en la proyección de cambio climático). La relación de los usos, en ambos momentos, es la que se aprecia en la Tabla 9.4-12 adjunta.

Figura 9.4-42 Agua total que recibe cada uso en el escenario Futuro Base

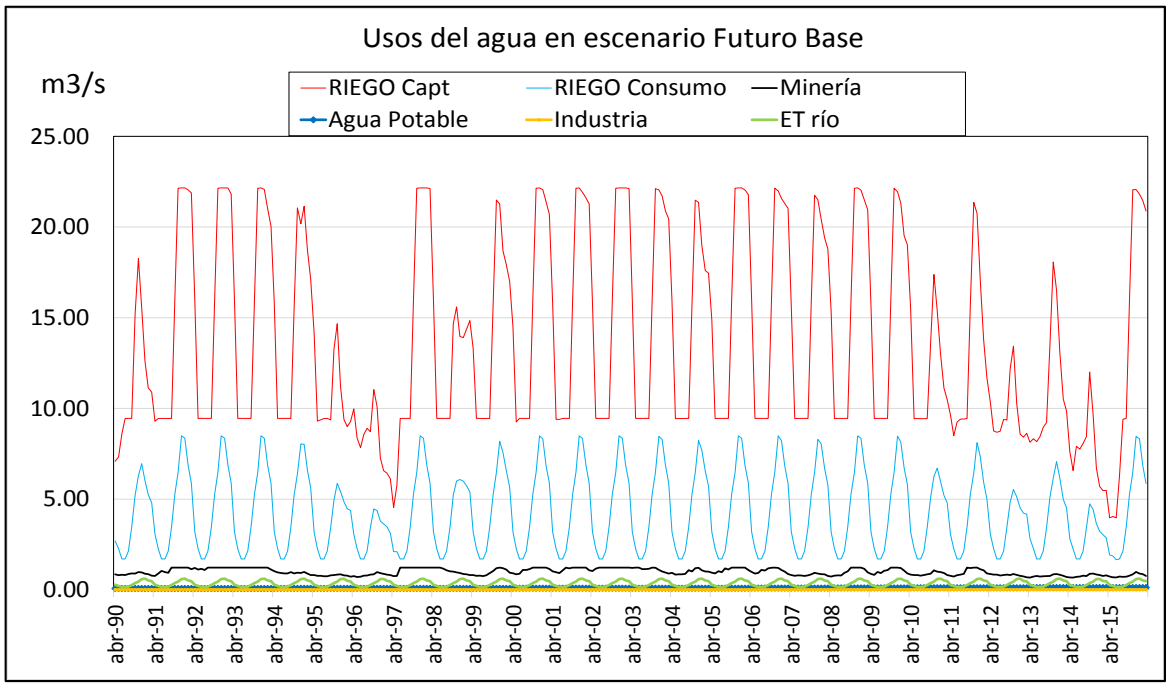


Tabla 9.4-12 Relación de usos en momentos extremos (caudales en m3/s)

	Mes más húmedo			Mes más seco		
Uso	**jun-15**	**% captación**	**% consumo**	**dic-02**	**% captación**	**% consumo**
Riego captación	3.970	80.2		22.155	92.0	
Riego consumo	1.665		62.9	8.487		81.5
Minería	0.683	13.8	25.8	1.226	5.1	11.8
Agua potable	0.128	2.6	4.8	0.093	0.4	0.9
Industria	0.008	0.2	0.3	0.008	0.0	0.1
ET río	0.163	3.3	6.1	0.597	2.5	5.7
TOTAL captación	4.952			24.078		
TOTAL consumo	2.647			10.410		

Se observa que en los momentos más secos, el porcentaje de agua captada por parte de la agricultura alcanza un 80,2%, mientras que la minería llega a 13,8%. Los demás usos son menores. Al hacer la relación de agua consumida, la agricultura consume el 63% del recurso, mientras que la minería el 26%. Los demás usos son menores.

En el momento más húmedo, la agricultura capta el 92% de los recursos, mientras que la minería capta el 5,1%. En cuanto a consumo, la agricultura consume el 81,5%, mientras que la minería, el 11,8% del recurso. Los demás usos son menores. Destaca, en todo caso, la evapotranspiración del río, que se mantiene entre 3% y 6%.

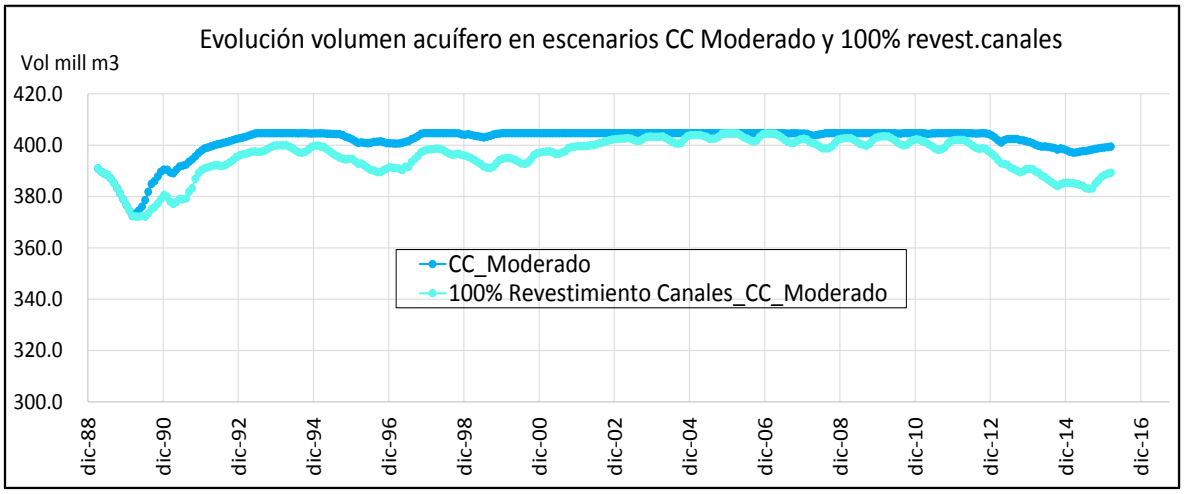
i) Cómo se afectan los acuíferos con el revestimiento de canales

Para evaluar la afección a los acuíferos que genera el revestimiento de canales, se comparan el escenario Futuro Base con el de 100% revestimiento de canales.

La curva de comparación del volumen total del acuífero en todos los escenarios, se presenta en el punto b). En la Figura 9.4-43 adjunta se presenta la situación global de todos los acuíferos de la cuenca frente a un revestimiento del 100% de los canales (recarga por percolación desde canales = 0), en los escenarios de cambio climático moderado y 100% revestimiento de canales sobre cambio climático moderado.

En la figura se aprecia que la reducción del volumen almacenado en los acuíferos tiene dos fuentes: por un lado, la sequía, especialmente la que tiene las características de la última sequía prolongada, efecto que se aprecia en el escenario de cambio climático moderado usado como base de comparación, y por otro lado, el revestimiento de canales, que le resta una de sus fuentes de recarga a los acuíferos.

Figura 9.4-43 Afección del volumen de acuíferos en escenario de revestimiento de canales



En la siguiente Figura 9.4-44 se muestra el volumen de cada acuífero, en dos escenarios: escenario CC Moderado, donde la reducción se puede atribuir al clima, y 100% revestimiento canales sobre CC Moderado. La diferencia entre ambos corresponde a la reducción de volumen atribuible sólo al revestimiento, y se muestra en la Figura 9.4-45.

Lo que se puede apreciar en la Figura 9.4-44 es que el efecto de revestir canales, es cuantitativamente muy sensible en los acuíferos AC_03 (Cuncumén) y AC_25 (Illapel), y en general, en los acuíferos del Illapel y del Choapa Alto. El efecto sería mucho menos notorio en Chalinga, y casi insensible en Choapa Medio y Choapa Bajo. La siguiente Figura 9.4-46 muestra la reducción de volumen como porcentaje del volumen total de cada acuífero.

Figura 9.4-44 Reducción del volumen debido al revestimiento de canales, por acuífero

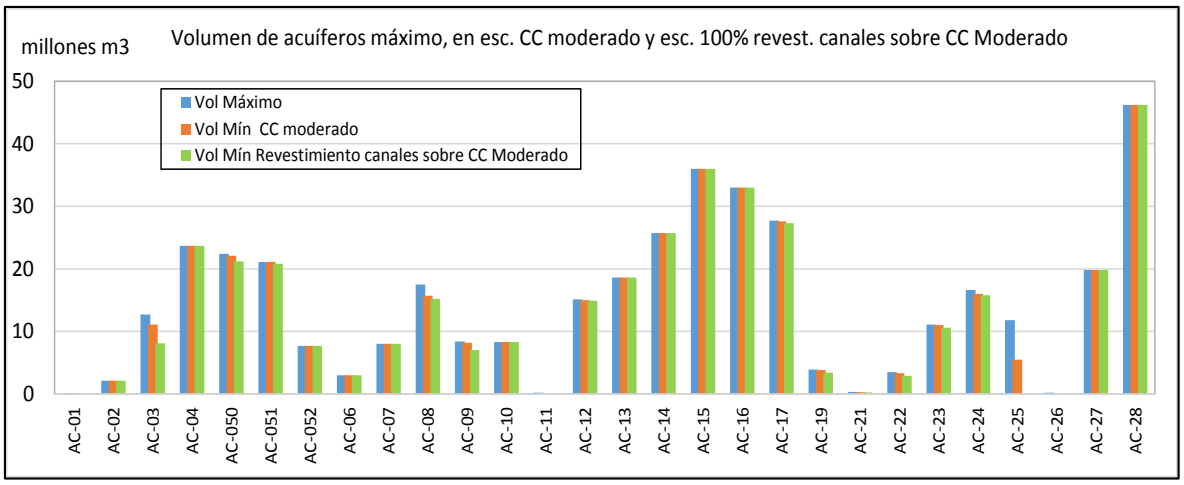


Figura 9.4-45 Reducción de volumen atribuible al revestimiento

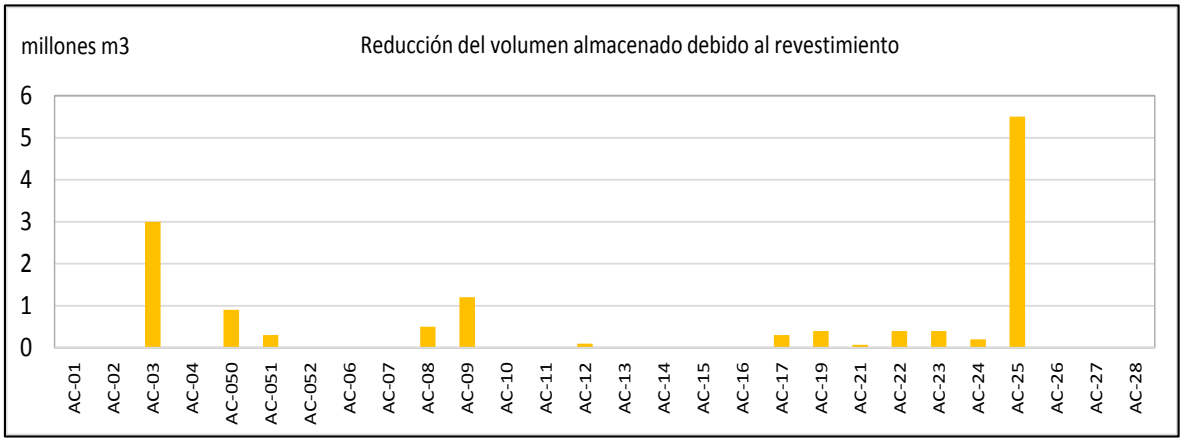
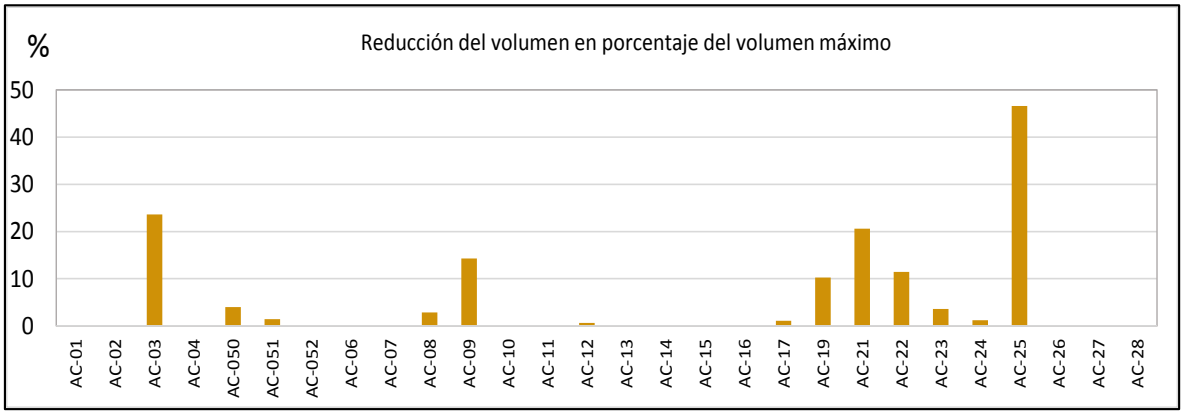


Figura 9.4-46 Reducción de volumen en porcentaje



En esta Figura se puede confirmar el hecho de que los acuíferos más afectados por un revestimiento masivo de canales serían los de Illapel.

A continuación, en las Figuras 9.4-47 y 9.4-48, se muestra, para los dos acuíferos más afectados, la composición de sus recargas en el escenario CC Moderado, usado como base.

Figura 9.4-47 Composición de la recarga Acuífero AC_03 Cuncumén

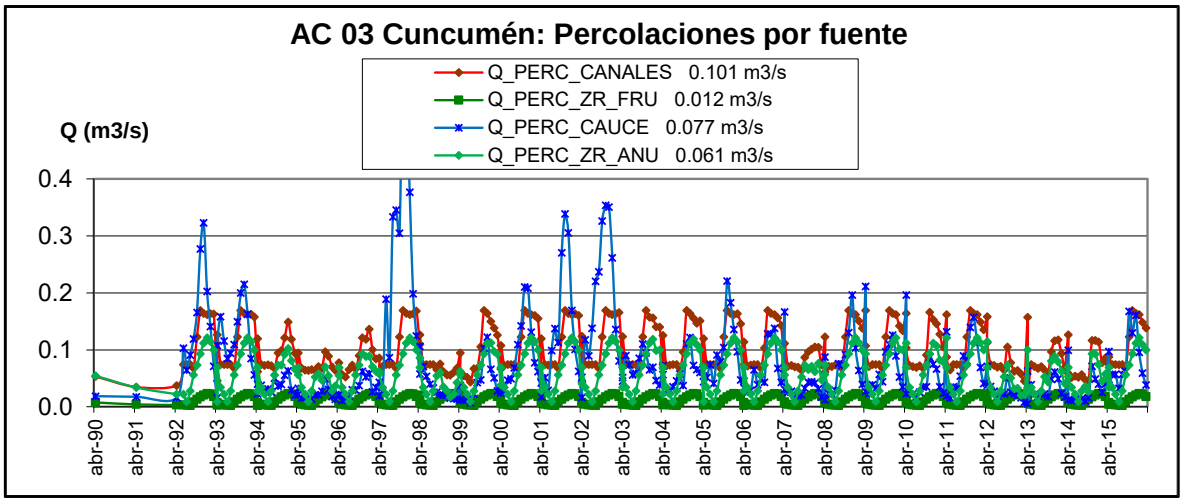
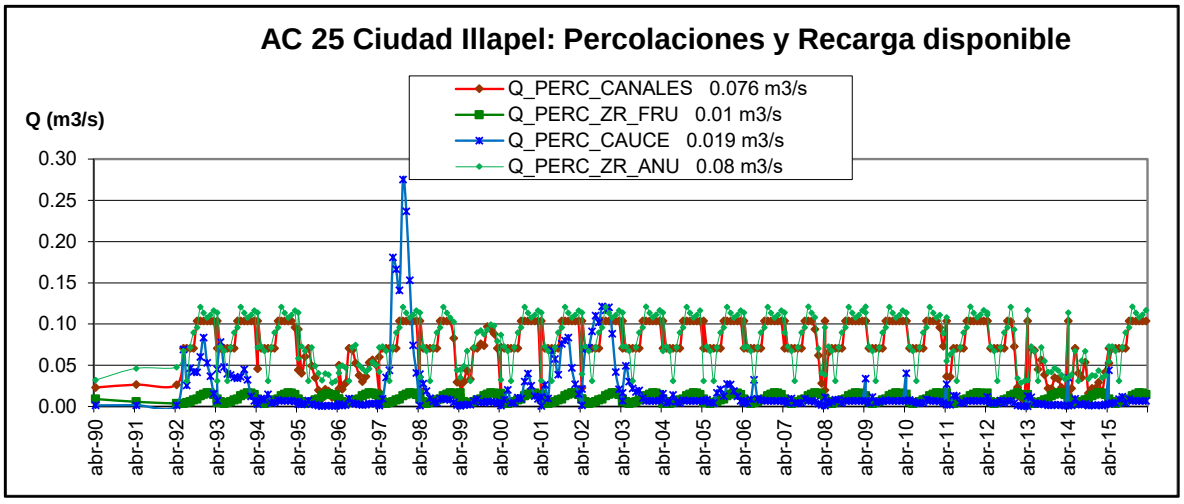


Figura 9.4-48 Composición de la recarga Acuífero AC_25 Illapel

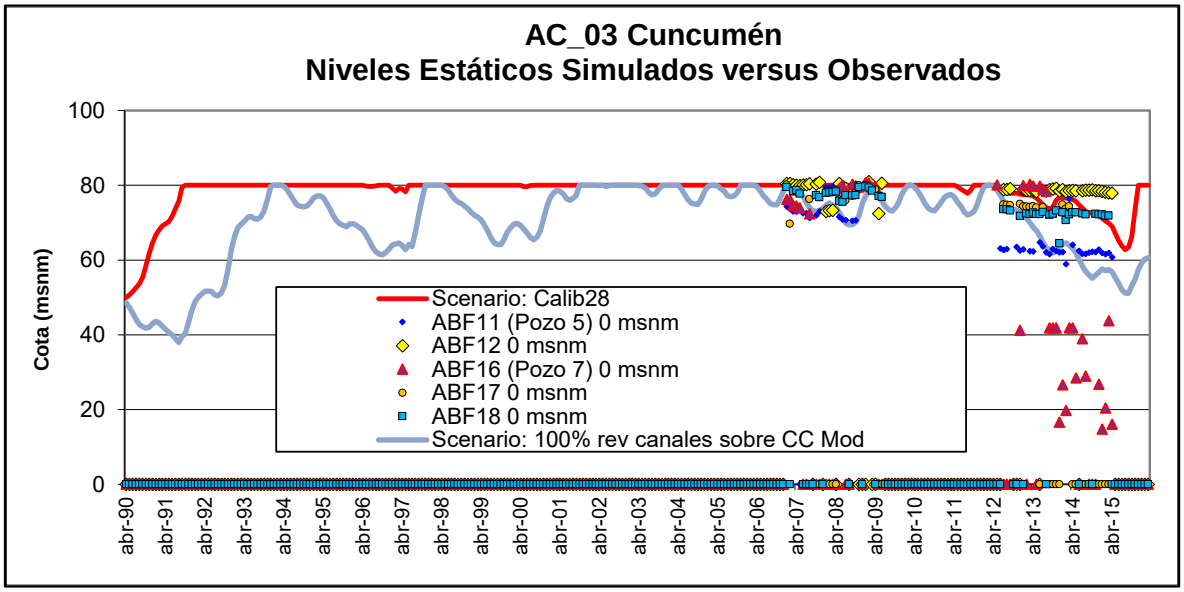


Según se puede observar, en ambos acuíferos la recarga por filtración de canales es importante, de modo que al suprimirla, se producen los efectos señalados.

Finalmente, se muestra el efecto de la reducción de volumen en forma de reducción de niveles. Como los acuíferos se asumieron rectangulares, los niveles se obtuvieron dividiendo los volúmenes por el coeficiente de almacenamiento, y ajustando las cotas simuladas a las cotas medidas.

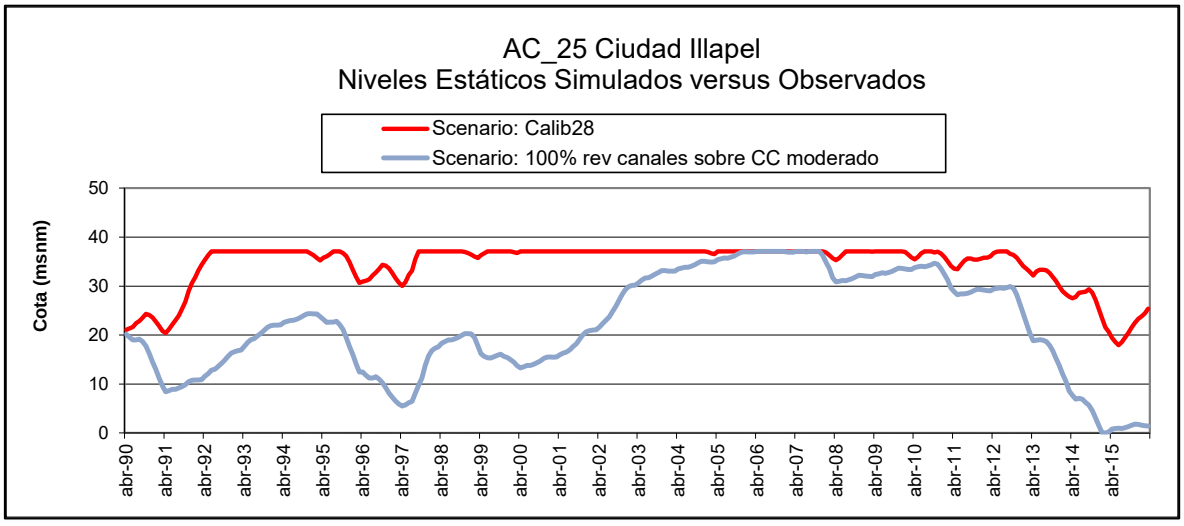
En las Figuras 9.4-49 y 9.4-50, sobre el gráfico de la calibración se ha agregado la curva de niveles modelados del escenario 100% de revestimiento de canales sobre cambio climático moderado. Los pozos ABF 11, 12, 16, 17 y 18 son pozos de observación de MLP, y han entregado las mediciones que se muestran en la Figura 9.4-49.

Figura 9.4-49 Acuífero Cuncumén: Niveles modelados
en escenario 100% revestimiento canales sobre cambio climático moderado



En el acuífero de Cuncumén, en el peor momento de la reciente sequía, el modelo estimaba una reducción del nivel de 17 m. Al agregar el cambio climático y el revestimiento de canales, para ese mismo momento, el modelo estima una reducción de niveles de 29 m.

Figura 9.4-50 Acuífero Illapel: Niveles esperados
en escenario 100% revestimiento canales sobre cambio climático moderado

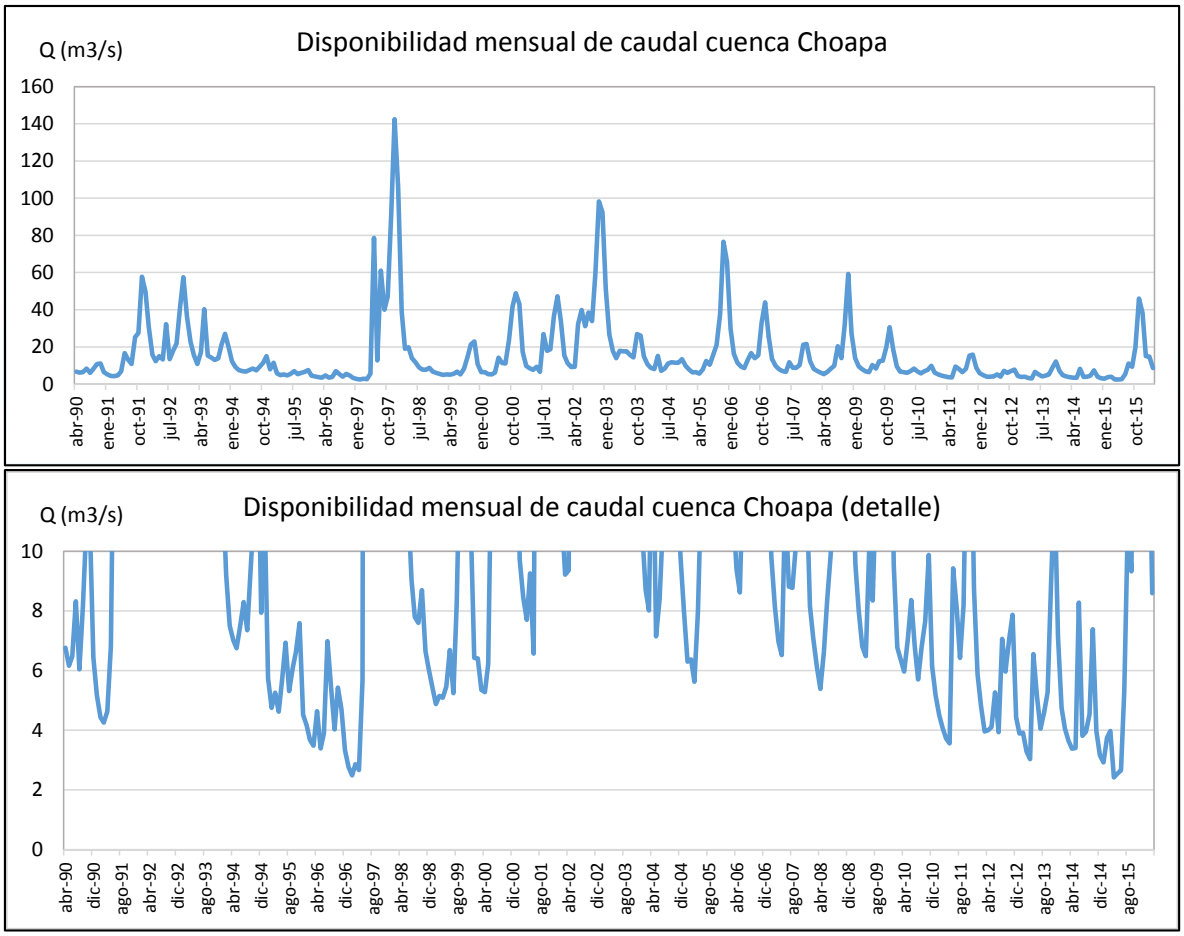


Para el acuífero de Illapel, de un volumen similar al del acuífero de Cuncumén (11 millones de m3 versus 12,7 millones de m3 en Cuncumén), la situación es mucho más crítica, observándose un colapso del acuífero en condiciones de una sequía como la reciente. La diferencia fundamental entre ambos acuíferos sería la percolación desde el cauce, que es una fuente importante en Cuncumén, pero casi inexistente para el acuífero de Illapel.

j) Disponibilidad histórica mensual de agua en toda la cuenca

La disponibilidad histórica mensual se entiende como el caudal que la cuenca es capaz de generar en su conjunto, y que luego queda disponible para los distintos usos. La disponibilidad a nivel de la cuenca completa se presenta a continuación, en la Figura 9.4-51, con un detalle para caudales pequeños. Esta disponibilidad es la disponibilidad simulada en el WEAP, en su versión actual, por lo cual ya tiene descontado el uso de las zonas de riego de cabeceras, de la hidrología entrante, y el uso de agua por parte de MLP desde el río Cuncumén. Posteriormente, si se desea, se puede ampliar el WEAP, incorporando ambos aspectos dentro de su área de trabajo.

Figura 9.4-51 Disponibilidad histórica mensual



La disponibilidad de caudal es muy variable a lo largo del año, alcanzando su mínimo todos los años en el mes de marzo o abril. También es muy variable de un año a otro, con crecidas importantes aproximadamente el 40% de los años. Durante los últimos años de sequía, el mínimo alcanzó a 2,4 m3s (igual que en la sequía de 1996), y la disponibilidad se mantuvo muy baja durante todo el año, sin crecidas importantes. Estas cifras se pueden comparar con la demanda efectiva en la cuenca, que alcanza unos 5,2 m3/s, mientras que la demanda a nivel de captación, como se ha visto, es más del doble de la cifra anterior.

k) Cuánta agua devuelven los usos

De acuerdo con la modelación en WEAP, se ha considerado lo siguiente:

- Agua Potable

El agua potable urbana es un uso que hace extracción de un caudal y luego devuelve una parte de lo extraído, como agua servida tratada. A modo de ejemplo, y de acuerdo con los planes de desarrollo del año 2012, para el año 2017 se tienen los siguientes caudales de extracción y devolución, en las cuatro localidades atendidas por la empresa Aguas del Valle, mostrados en la Tabla 9.4-13 adjunta.

Tabla 9.4-13 Caudales extraídos y devueltos del uso de agua potable (l/s)

Agua Potable	Extracción	Devolución	Uso consuntivo
Illapel	56	28.6	27.4
Salamanca	46.4	21.9	24.5
Canela Alta	2.8	0.7	2.1
Canela Baja	4.3	1.7	2.6
Total	**109.5**	**52.9**	**56.6**

Fuente: SISS, Planes de Desarrollo año 2017

El uso consuntivo total es de 56.6 l/s por parte del agua potable urbana. A esto debe agregarse el uso del agua potable rural, que se considera 100% consuntivo, y que alcanza en la actualidad, unos 35 l/s. De esta forma, el agua potable totaliza, el año 2017, una extracción de unos 145 l/s, un uso consuntivo de unos 92 l/s, y una devolución de unos 53 l/s.

Es importante señalar que en el modelo WEAP se ha trabajado sólo con la demanda consuntiva. Para la demanda de agua potable urbana se ha considerado un aumento de acuerdo con el crecimiento vegetativo de la población, debido a lo cual los caudales promedio consumidos del período futuro (2035-2061) resultan de algo más de 100 l/s.

- Industria

El uso industrial se ha considerado 100% consuntivo a partir de los derechos que posee. No es un uso relevante en la cuenca (8 l/s).

- Minería

El uso del agua en la minería se considera 100% consuntivo, debido a que no se percibe en la cuenca ninguna fuente de devolución. La minería, como se vio antes, tiene derechos subterráneos en el acuífero de Cuncumén por 133 l/s, superficiales en el río Choapa por 400 l/s (que usa al 100%, pero devolviendo a través de sus pozos de restitución el caudal captado sobre desmarque, con un castigo del 20%), y el caudal correspondiente a 693 acciones, con un tope de 693 l/s, del río Cuncumén. De acuerdo con la hidrología histórica, la extracción de MLP desde el río Cuncumén ha variado entre un máximo de 693 l/s en años húmedos, y un mínimo de 142/s en mayo de 2014.
De este modo, la extracción de MLP varía entre 675 l/s en la mayor sequía, y 1226 l/s en años húmedos. El promedio de su extracción ha sido de 991 l/s. La extracción se considera 100% consuntiva.

- Agricultura

La agricultura es la mayor consumidora de agua, y además, en la cuenca del Choapa es aún el uso de menor eficiencia. Si bien desde un punto de vista individual la ineficiencia no es deseable, desde un punto de vista global el agua infiltrada, percolada o derramada no se pierde, sino que constituye la fuente para extracciones desde otras fuentes (acuíferos) o desde la misma fuente pero aguas abajo.

La gracia de los modelos integrados es que permiten dar una mirada a esta realidad, y analizar la forma de lograr el mejor aprovechamiento global del recurso, teniendo en cuenta esta realidad.

De acuerdo con lo señalado antes, a nivel de la cuenca completa, la agricultura presenta devolución a partir de la ineficiencia de los canales, a partir de los caudales captados en exceso por los canales, y a partir de las ineficiencias de los métodos de riego.

La Tabla 9.4-14 muestra las devoluciones desde los canales, y la Tabla 9.4-15, las devoluciones desde las zonas de riego. Las devoluciones desde las zonas de riego incluyen la parte infiltrada del aporte de la precipitación.

Tabla 9.4-14 Captación y devolución de caudal desde canales (m3/s)

Escenario	Q captado canales	Q percolado	Q entregado ZR	Q devolución
Calib 28	15.862	3.247	6.095	6.681
Futuro Base	13.564	2.771	7.077	5.538
CC Moderado	13.693	2.766	7.875	4.953
CC Adverso	10.632	2.11	6.867	2.684
100% Rev Canales CC Mod	13.391	0	8.068	7.233
100% Tec Riego CC Mod	13.05	2.746	4.711	7.507
Emb Cab CC Mod	14.266	2.892	8.084	5.018
Emb Cab CC Adv	11.242	2.238	7.142	2.709
Sin MLP CC Mod	14.167	2.872	8.068	5.414

Tabla 9.4-15 Captación y devolución de caudal desde canales (m3/s)

Q entregado canales a ZR	Q bombeo riego	Q recibido Pp	Q recibido entrada ZR	Q Evapo transpirado	Q percolado	Q derramado
6.095	0.060	0.214	6.369	3.719	1.443	1.206
7.077	0.065	0.248	7.390	4.316	1.675	1.399
7.875	0.078	0.214	8.167	4.750	1.862	1.554
6.867	0.217	0.114	7.198	4.245	1.623	1.330
8.068	0.066	0.214	8.348	4.842	1.914	1.591
4.711	0.036	0.214	4.962	4.916	0.023	0.022
8.084	0.196	0.214	8.370	4.856	1.914	1.600
7.142	0.072	0.114	7.452	4.383	1.684	1.386
8.068	0.069	0.214	8.351	4.846	1.909	1.596

La siguiente Tabla 9.4-16 muestra el total de agua evapotranspirada en comparación con el total de agua devuelta al sistema, por la agricultura.

Tabla 9.4-16 Agua evapotranspirada y agua devuelta por la agricultura (m3/s)

Escenario	Q percolado canales	Q devolución canales	Q percolado desde ZR	Q derramado desde ZR	Q total devuelto desde ZR	Q ET desde ZR	% de uso sobre el total
Calib 28	3.247	6.681	1.443	1.206	12.577	3.719	22.82
Futuro Base	2.771	5.538	1.675	1.399	11.383	4.316	27.49
CC Moderado	2.766	4.953	1.862	1.554	11.135	4.75	29.90
CC Adverso	2.11	2.684	1.623	1.33	7.747	4.245	35.40
100% Rev Canales CC Mod	0	7.233	1.914	1.591	10.738	4.842	31.08
100% Tec Riego CC Mod	2.746	7.507	0.023	0.022	10.298	4.916	32.31
Emb Cab CC Mod	2.892	5.018	1.914	1.6	11.424	4.856	29.83
Emb Cab CC Adv	2.238	2.709	1.684	1.386	8.017	4.383	35.35
Sin MLP CC Mod	2.872	5.414	1.909	1.596	11.791	4.846	29.13

Se aprecia aquí que el porcentaje de uso efectivo de parte de la agricultura es muy bajo, alcanzando entre un 22% en el escenario actual, hasta un 35% en los escenarios de cambio climático adverso. Incluso en los escenario de revestimiento completo de canales o de tecnificación completa, el porcentaje de uso total del recurso es de 31 y 32% respectivamente.

El análisis desarrollado es una muestra de lo que se puede observar a partir de un modelo de simulación integrado. Sin embargo, siempre es necesario tener presente que los resultados del modelo responden a la forma en que se ha modelado el sistema hídrico con todas sus interacciones. En la medida que pasa el tiempo, se recoge más información y se acumula mayor experiencia, es posible mejorar la comprensión del sistema hídrico y de sus interrelaciones, lo que permitirá mejorar la modelación.

Serán, por tanto, labores de la secretaría ejecutiva, no sólo plantear nuevos escenarios que avancen en el estudio específico de ciertas medidas o acciones, a partir de los intereses particulares de los actores participantes de la gobernanza, sino que también mejorar el modelo de simulación en la medida que se genere nueva información en la cuenca.

l) Cómo afectan las diferentes medidas los acuíferos

Para responder esta inquietud, es necesario tener presente que no hay muchos derechos subterráneos constituidos en los acuíferos de la cuenca del Choapa. Por lo tanto, los acuíferos que responden frente a las diversas medidas, son los que tienen derechos que se usan más o menos intensivamente, según la situación.

En la siguiente Tabla 9.4-17 se presenta el efecto de las medidas de cada escenario sobre cada uno de los acuíferos. Se puede comparar los escenarios entre ellos. Así, se aprecia, por ejemplo, que el acuífero más solicitado de toda la cuenca es el de Illapel, que en el escenario histórico y en los escenarios futuros de cambio climático moderado presenta afección durante la sequía. En escenario de cambio climático adverso, este acuífero podría colapsar.

Los acuíferos de Cuncumén AC03) y Panguecillo-Higuerillas-El Queñe (AC08, AC09) presentan afección durante la sequía en el escenario histórico, pero se ven favorecidos con el cambio climático moderado, y con el embalse de cabecera. No les afecta mayormente la tecnificación. El revestimiento superpone una variación interanual que no se observa en otros escenarios. Lo que sí afecta a estos acuíferos, aunque no hasta el colapso, es el escenario de cambio climático adverso, porque se reducen todas las recargas.

Los acuíferos AC11 (Chalinga alto) y AC26 (El Peral) son muy pequeños, por eso tienen un comportamiento inestable, es decir, se vacían y se llenan rápidamente y frecuentemente.

Los demás acuíferos del Chalinga aparecen poco vulnerables frente a los efectos de las medidas probadas en los escenarios, y sólo levemente vulnerables frente al cambio climático severo.

Los demás acuíferos del Illapel también se ven más afectados por el cambio climático severo que por las medidas probadas en los escenarios.

El embalse de cabecera beneficia los acuíferos del río Choapa Alto, al generar más recursos para infiltración. Esto se aprecia al comparar la columna del efecto del cambio climático moderado sobre los acuíferos, con la columna del efecto del embalse con cambio climático moderado, sobre los acuíferos. Se aprecia que, para los acuíferos del río Choapa Alto, el efecto pasa a ser más leve.

Los acuíferos más vulnerables frente al revestimiento de canales, son los más explotados, que requieren más intensamente de la recarga. Son los acuíferos AC25 (Illapel) y AC03 (Cuncumén). También se ve afectado el acuífero AC09 (El Queñe) y en general levemente los demás acuíferos del río Illapel.

Todos los efectos se pueden apreciar revisando las planillas Nombre escenario_Balance_AC_gráficos de los sets de resultados de cada escenario.

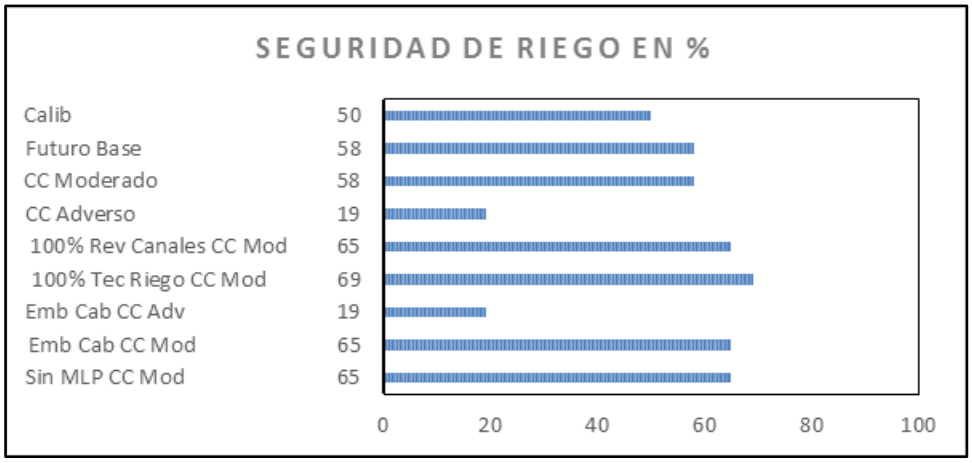
Tabla 9.4-17 Comparación del efecto de los diferentes escenarios sobre los acuíferos

Acuífero	Calib 28	Futuro Base	CC Moderado	Embalse cabecera sobre CC Mod	100% tecnificado sobre CC Mod	100% revestimiento canales sobre CC Mod	Sin MLP sobre CC Mod	CC Adverso	Emb Cabecera sobre CC Adverso
AC01									
AC02									
AC03	leve afección sequía	leve afección sequía	afección sequía	leve afección sequía	afección sequía	afección sequía y leve variación anual		afección sequía	afección sequía
AC04									
AC050	leve afección sequía				imperceptible afección	leve variación anual		leve afección sequía	leve afección sequía
AC051						leve variación anual			
AC052									
AC06								imperceptible afección	imperceptible afección
AC07									
AC08	afección sequía	leve afección sequía	leve afección sequía		leve afección sequía	leve afección sequía y leve variación anual		afección sequía	afección sequía
AC09	afección sequía		leve afección sequía	imperceptible afección	leve afección sequía	afección sequía y leve variación anual	imperceptible afección	afección sequía	afección sequía
AC10									
AC11	inestable	inestable	inestable	inestable	inestable	colapso	inestable	inestable	inestable
AC12					imperceptible afección	imperceptible afección		leve afección sequía	leve afección sequía
AC13					imperceptible afección				
AC14									
AC15								imperceptible afección	imperceptible afección
AC16								imperceptible afección	imperceptible afección
AC17								leve afección sequía	leve afección sequía
AC19	imperceptible afecció	imperceptible efecto			leve afección sequía	leve afección sequía		afección sequía	afección sequía
AC20									
AC21	imperceptible afecció	imperceptible efecto	imperceptible afección	imperceptible afección	leve afección sequía	afección sequía	imperceptible efecto	afección sequía	afección sequía
AC22	imperceptible afecció	imperceptible efecto	imperceptible afección	imperceptible afección	leve afección sequía	leve afección sequía		afección sequía	afección sequía
AC23					imperceptible afección	imperceptible afección		leve afección sequía	leve afección sequía
AC24	imperceptible afección		imperceptible afección	imperceptible afección	leve afección sequía	leve afección sequía	imperceptible efecto	leve afección sequía	leve afección sequía
AC25	afección sequía	afección sequía	afección sequía	afección sequía	colapso	colapso	afección sequía	colapso	colapso
AC26	inestable	inestable	inestable	inestable	inestable	inestable	inestable	inestable	inestable
AC27									
AC28		imperceptible efecto						afección sequía	afección sequía

m) Cómo influyen las diferentes medidas sobre la seguridad de riego

En la hoja Resumen de cada planilla Nombre_escenario_Balance ZR Gráficos.xls se presentan los resultados promedio del período de simulación, para cada zona de riego. Hay una planilla para cada escenario. En la siguiente Figura 9.4-52 se aprecia el efecto global de cada escenario sobre la seguridad de riego a nivel de cuenca. En la Tabla 9.4-18 se ha recogido el efecto de cada escenario sobre cada uno de los sectores de riego en particular.

Figura 9.4-52 Seguridad de riego de los escenarios simulados



La base esperada para el futuro, es el escenario Futuro Base. Sobre él, los escenarios de revestimiento de canales, tecnificación del riego y embalse de cabecera generan aumentos de seguridad de riego, siempre que no se produzca el escenario de cambio climático adverso.

Ambos escenarios de cambio climático adverso perjudican fuertemente la seguridad de riego, que baja del actual 50% del escenario histórico, o del esperado 58% del escenario futuro base, a 19%. Todos los demás escenarios mejoran la situación actual.

Se aprecia que el embalse de cabecera mejora todas las zonas de riego del río Choapa, en el escenario de cambio climático moderado, no así en un escenario de cambio climático adverso. También alcanza a mejorar el sector bajo de Chalinga. En el escenario de embalse sobre cambio moderado, se mejora el parámetro de la seguridad de riego para la cuenca completa. Para el escenario de embalse sobre cambio climático adverso, no alcanza a modificarse el parámetro a nivel de cuenca, en relación con el escenario sin embalse.

El escenario de tecnificación es el que introduce el mayor aporte en cuanto a seguridad de riego, más que el revestimiento de canales o sacar a MLP.

El escenario sin MLP no aporta mayor seguridad que el embalse de cabecera o que el revestimiento de canales. El escenario que mayor seguridad aporta, es el de tecnificación.

Tabla 9.4-18 Comparación del efecto de los diferentes escenarios sobre la seguridad de riego

ZR	Calib 28	Futuro Base	CC Moderado	Embalse cabecera sobre CC Mod	100% tecnificado sobre CC Mod	100% revestimiento canales sobre CC Mod	Sin MLP sobre CC Mod	CC Adverso	Emb Cabecera sobre CC Adverso
ZR_01	81	96	100	100	100	100	100	85	85
ZR_02	65	62	73	85	73	81	81	35	42
ZR_03	58	35	54	58	77	73	73	12	12
ZR_04	73	77	81	92	85	81	92	54	50
ZR_050	65	73	81	92	85	81	92	42	46
ZR_051	81	85	85	96	88	88	96	62	65
ZR_052	54	69	73	88	77	81	85	50	62
ZR_06	73	73	73	88	92	77	85	35	42
ZR_07	77	85	81	96	96	77	92	54	50
ZR_08	69	65	73	92	81	81	88	42	46
ZR_09	85	81	96	92	96	96	92	58	58
ZR_10	50	58	73	81	77	77	81	35	46
ZR_11	12	0	0	0	42	0	0	0	0
ZR_12	38	35	31	31	50	42	31	8	8
ZR_13	46	42	46	58	77	58	58	19	23
ZR_14	50	62	62	73	77	69	69	27	35
ZR_15	46	50	42	65	73	58	58	0	0
ZR_16	54	62	0	0	69	62	0	0	0
ZR_17	50	58	50	69	65	69	73	0	0
ZR_18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ZR_19	38	58	50	50	46	50	50	19	19
ZR_20	85	77	81	81	73	73	81	27	31
ZR_21	27	0	0	0	0	0	0	0	0
ZR_22	77	65	58	58	50	62	58	23	23
ZR_23	69	65	58	58	50	50	58	23	23
ZR_24	46	58	50	50	46	42	50	12	15
ZR_25	38	0	0	0	42	38	0	0	0
ZR_26	73	77	65	73	58	65	65	23	27
ZR_27	85	81	85	92	92	88	96	46	50
ZR_28	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Total cuenca	**50**	**58**	**58**	**65**	**69**	**65**	**65**	**19**	**19**

10 EXPLORACIÓN DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LOS ESCENARIOS CON WEAP

Como producto adicional a lo solicitado en las bases, el consultor propuso explorar y evaluar el módulo de calidad del programa WEAP a través de su aplicación a un escenario simulado para la cuenca del río Choapa.

10.1 PRESENTACIÓN GENERAL

WEAP provee un módulo para la evaluación económica de escenarios, a través del cálculo de costos y beneficios asociados cada uno de los escenarios analizados. La ventaja de este módulo es su integración dinámica al modelo hidrológico, que permite que se alimente a cada paso de los flujos de agua simulados en cada uno de los elementos modelados.

Se pueden especificar variables económicos (costos, ingresos) para todos los elementos modelados como: embalses, canales, tramos de río, acuíferos, centrales hidroeléctricas, plantas de tratamiento de aguas servidas y nodos de demanda.

Adicionalmente, se pueden asociar costos e ingresos para el sistema en su globalidad.

Para cada elemento modelado, los costos se pueden dividir en costos de inversión y de operación. Los costos de operación a su vez se pueden separar en costos fijos (por año) y costos variables (por volumen de agua).

Los costos fijos se entienden como independientes del volumen de agua producida, conducida o consumida. Los costos variables en cambio sí dependen de los volúmenes de agua producida, conducida o consumida en los diferentes elementos del sistema modelado.

De la misma manera, los beneficios también se pueden separar en costos fijos y costos variables.

Un tipo de beneficio particular es aquel generado por el funcionamiento de una central hidroeléctrica de pasada o asociada a un embalse.

Los resultados del análisis económico son de 3 tipos:

- costos netos: este resultado se puede mostrar junto con los beneficios para caracterizar diferentes escenarios
- valor actualizado neto: utilizando una tasa de descuento, los resultados pueden presentarse como valor actualizado neto, permitiendo la evaluación a diferentes horizontes de tiempo de proyectos de infraestructura o programa de uso eficiente del recurso hídrico
- costo promedio del agua: se calcula dividiendo la suma de los costos por el volumen de agua producido, conducido o consumido y permite comparar diferentes escenarios entre sí en base a un parámetro unitario.

Se indagó el potencial de este módulo de evaluación económica integrado al modelo WEAP y se obtuvieron conclusiones acerca de la real utilidad de esta capacidad del modelo.

La metodología de evaluación económica por medio del modelo WEAP se comparó con la metodología tradicional, aplicada por RODHOS en los estudios "Aplicación de metodologías para determinar a eficiencia de uso del agua", de CAZALAC-RODHOS 2006, y "Plan Maestro de la Región de Coquimbo", GORE-CONIC BF 2014.

10.2 REVISIÓN DE PUBLICACIONES WEAP

Se revisaron los estudios publicados en (www.weap21.org), relacionados con la evaluación económica realizada en forma integrada en el modelo WEAP. El detalle de las revisiones se presenta en el Anexo Capítulo 10.2. A través de la revisión de estos estudios, se puede observar que:

- el modelo WEAP es usado para caracterizar el sistema hídrico bajo diferentes escenarios hidrológicos, de cambio climático y de gestión, para lo cual presenta un gran potencial

- los resultados entregados por el modelo WEAP son generalmente usados como datos de entrada para las herramientas de evaluación económica. En algunos casos existe una retroalimentación desde al modelo económico hacia el modelo WEAP, por ejemplo a través de la caracterización dinámica del área regada y patrón de cultivos usados en el cálculo de la demanda

- no se usa el modelo de evaluación económica integrado en WEAP, en ninguno de los estudios, probablemente debido a su sencillez

- las herramientas de evaluación económica presentadas fueron desarrolladas con diferentes niveles de sofisticación y a diferentes escalas: desde un análisis macro a nivel de un país hasta un análisis muy detallado a nivel de toma de decisión del agricultor

- en todas las publicaciones se destaca el aporte relevante de la integración de modelos hidrológicos y modelos económicos para apoyar a los tomadores de decisiones y guiarlos en el desarrollo de políticas relacionadas con el recurso hídrico. En especial, se destaca el hecho de poder evaluar el efecto de diferentes políticas en los diferentes sectores productivos de un territorio dado.

10.3 EVALUACIÓN ECONÓMICA CON WEAP

10.3.1 Metodología

La metodología propuesta para llevar a cabo esta evaluación económica sigue la lógica conceptual de la metodología aplicada por el consultor en los estudios CAZALAC-RODHOS 2006 y Plan Maestro de la Región de Coquimbo (GORE-CONIC BF 2014). Los datos para la evaluación se ingresaron dentro del modelo WEAP. De esta manera los cálculos se efectúan internamente en WEAP durante la simulación. Los resultados

(ingresos y costos) se exportan a planillas Excel, para fines de visualización, según se detalla más adelante.

Para explorar el módulo de evaluación económica de WEAP, se hizo la evaluación económica de un embalse de cabecera, el cual se compara con el escenario Futuro Base. En el modelo WEAP, esta combinación de escenarios se encuentra en la versión llamada Exploración Evaluación Económica.

La forma en que se alimenta WEAP con los datos de márgenes de los cultivos, áreas de riego y su porcentaje de demanda suplida, costos de bombeo y costos de inversión, se detalla en el Anexo Capítulo 10.3.

10.3.2 Resultados de la evaluación económica con WEAP

Para cada elemento modelado caracterizado con variables económicas, WEAP entrega 3 resultados, en forma de serie anual, los cuales se muestran en las planillas:

- Ingresos
- costos de operación
- costos de inversión

a) Planilla de visualización de resultados

Para ordenar y visualizar los resultados del cálculo de las variables económicas en WEAP se ha configurado específicamente una planilla Excel, la cual recibe los datos generados por WEAP, los ordena y grafica, en forma similar a las otras planillas de resultados desarrolladas por el consultor para las componentes hidrológicas del modelo WEAP.

Para poder evaluar económicamente un escenario, es necesario simular primero un escenario base contra el cual se puedan contrastar los resultados del escenario a evaluar.

En este caso, el escenario base llamado Futuro Base, representa la cuenca, extendiendo para un periodo futuro todos los supuestos actuales de modelación, y aplicando la hidrología histórica.

Luego, el escenario a evaluar se construye sobre el escenario Futuro Base, modificándolo para integrar las medidas a evaluar. A continuación, se presentan algunos de los resultados de los escenarios evaluados. La totalidad de los resultados se encuentra en los sets de planillas correspondientes, en el archivo digital del Anexo Capítulo 10.3.

b) Resultados escenario Futuro Base

Como primeros resultados de interés se pueden mencionar el ingreso agrícola anual y el costo de bombeo, calculado a lo largo del periodo de simulación. A modo de ejemplo se muestran a continuación los gráficos generados para la cuenca completa del río Choapa (Figura 10.3-1 a 10.3-4).

Debido a la topología del modelo WEAP, se puede distinguir los ingresos y los costos correspondientes a los cultivos permanentes (FRU, línea verde) de aquellos

correspondientes a los cultivos anuales (ANU, línea roja). La línea negra muestra los ingresos o costos totales.

En la Figura 10.3-1 se observa que los ingresos principales provienen de los cultivos permanentes (FRU) con un tope en 18.407 millones de pesos. El ingreso generado por estos cultivos es relativamente constante en el tiempo y cercano al ingreso potencial debido a que tiene una demanda suplida de verano cercana al 100%. Sólo en los 2 periodos más secos del lapso de simulación (1997 y 2013-2015), este ingreso se ve afectado y sufre una leve baja.

El ingreso generado por las zonas de riego anuales (ANU), que tienen una seguridad de riego más baja, muestra una mayor variabilidad. Se acerca al ingreso potencial de 9.401 millones de pesos, en los años más húmedos como por ejemplo en el periodo 1992-1994 y 2001-2007.

Como resultado del déficit de riego, en la Figura 10.3-2 se observa que los pozos se activan en los periodos más secos para apoyar al riego superficial, incrementando muy fuertemente el costo de bombeo en estos periodos (1997, 2013-2015).

En la Figura 10.3-3 se aprecia que no hay costos de inversión asociados a las áreas de riego en este escenario.

La Figura 10.3-4 muestra los resultados de los ingresos y costos, es decir, los beneficios que se generan en este escenario.

Figura 10.3-1 Ingreso escenario FuturoBase, cuenca completa

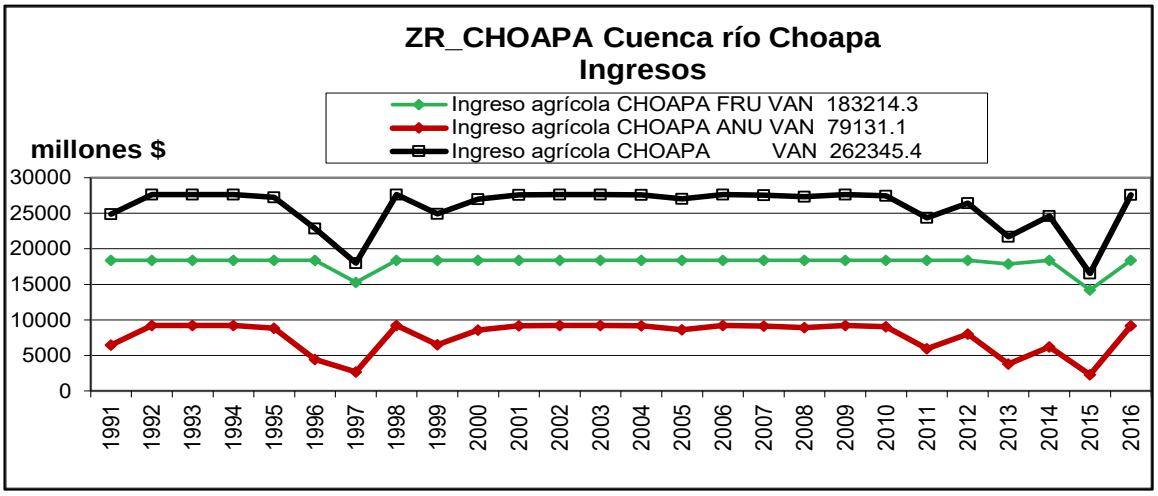


Figura 10.3-2 Costos bombeo escenario FuturoBase, cuenca completa

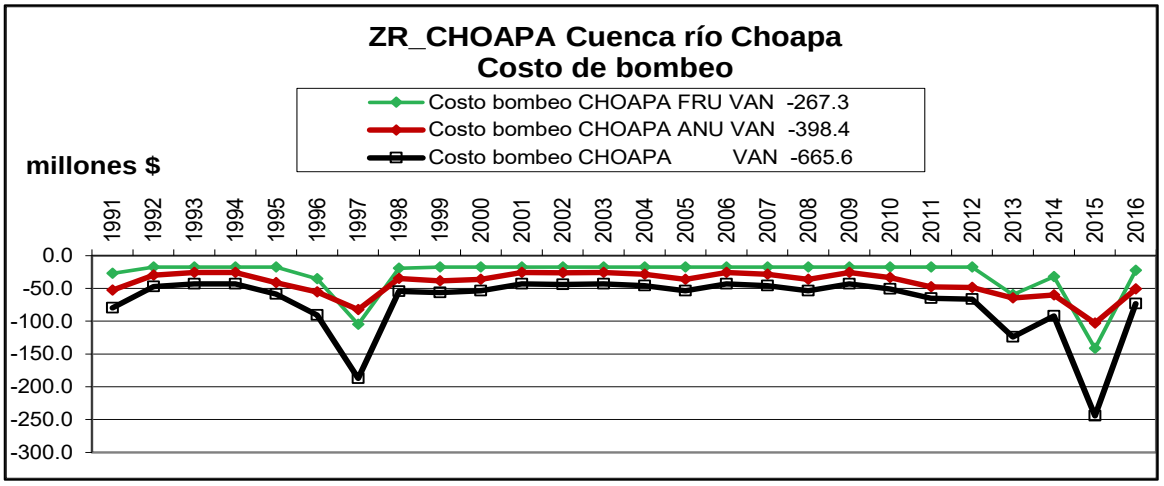


Figura 10.3-3 Costos de inversión escenario FuturoBase, cuenca completa

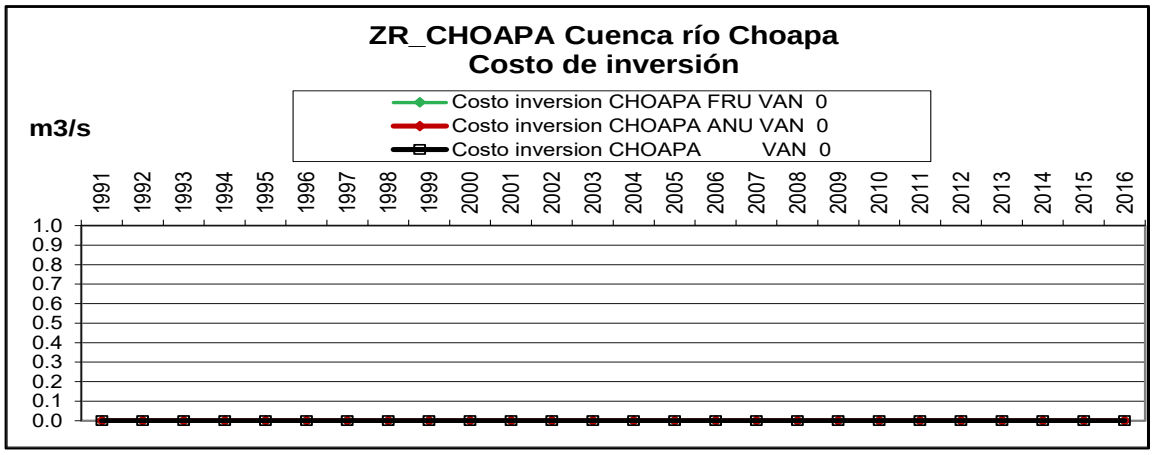
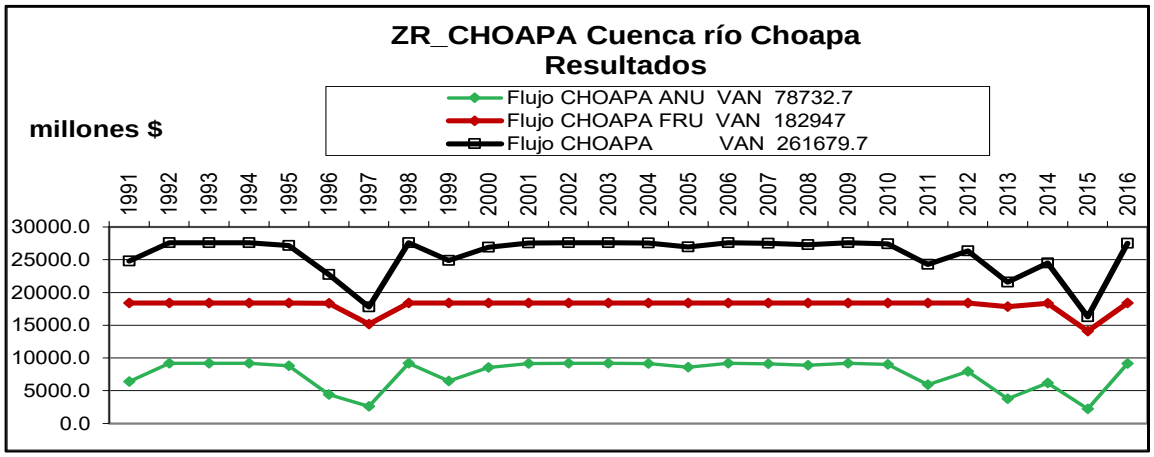


Figura 10.3-4 Resultados o beneficios escenario FuturoBase, cuenca completa



Las planillas de resultados de la evaluación económica, que se adjuntan en el Anexo Capítulo 10.3, escenario Futuro Base, contienen el mismo tipo de gráficos para cada zona de riego.

Además de estas figuras, se genera en la planilla del escenario una tabla resumen con los resultados de las principales variables para la cuenca completa, a lo largo del período de simulación. En la Tabla 10.3-1 se muestra el resumen del escenario Futuro Base. Esta tabla sirve de base para la comparación de los diferentes escenarios.

Tabla 10.3-1 Resumen escenario FuturoBase

	Ingreso agrícola (millones $)	Costo bombeo (millones $)	Costo inversión (millones $)	Flujo Resultado (millones $)
PROMEDIO	**25835.8**	**-71.0**	**0.0**	**25764.8**
VAN	**262345.4**	**-665.6**	**0.0**	**261679.7**
1991	24870.1	-79.7	0.0	24790.5
1992	27637.0	-47.3	0.0	27589.7
1993	27636.1	-43.2	0.0	27592.9
1994	27636.0	-43.2	0.0	27592.9
1995	27237.4	-58.6	0.0	27178.8
1996	22847.8	-90.8	0.0	22757.1
1997	17991.5	-187.3	0.0	17804.2
1998	27636.1	-54.4	0.0	27581.7
1999	24932.5	-56.3	0.0	24876.2
2000	26982.2	-53.7	0.0	26928.5
2001	27578.8	-43.2	0.0	27535.7
2002	27631.5	-43.8	0.0	27587.7
2003	27636.1	-43.2	0.0	27592.9
2004	27583.8	-45.8	0.0	27538.0
2005	27022.9	-53.6	0.0	26969.3
2006	27636.1	-43.2	0.0	27592.9
2007	27557.9	-45.8	0.0	27512.1
2008	27345.4	-53.7	0.0	27291.8
2009	27629.9	-43.2	0.0	27586.8
2010	27459.2	-51.0	0.0	27408.2
2011	24368.2	-65.2	0.0	24303.0
2012	26419.1	-66.3	0.0	26352.8
2013	21708.9	-124.2	0.0	21584.6
2014	24614.6	-92.0	0.0	24522.6
2015	16541.9	-244.4	0.0	16297.5
2016	27589.9	-73.2	0.0	27516.7

c) Resultados escenario embalse de cabecera

A continuación, en las Figuras 10.3-5 a 10.3-8, se muestran los resultados del escenario Embalse de cabecera, construido sobre el escenario Futuro Base, agregando un embalse de cabecera de 70 millones de m3, en la confluencia del río Choapa y del río Valle. El embalse (prioridad de llenado 14) entrega libremente su agua embalsada a todos los canales del río Choapa (prioridad de demanda 13). El canal alimentador del embalse Corrales (CA_47, prioridad 15) tiene una prioridad inferior al embalse, por lo cual sólo se puede alimentar de los excesos de agua en el río y no se beneficia directamente con la regulación del embalse.

En este escenario no hay costos de inversión en las zonas de riego, sólo se asume la inversión del embalse al inicio del período.

Figura 10.3-5 Ingresos escenario Embalse_cabecera, cuenca completa

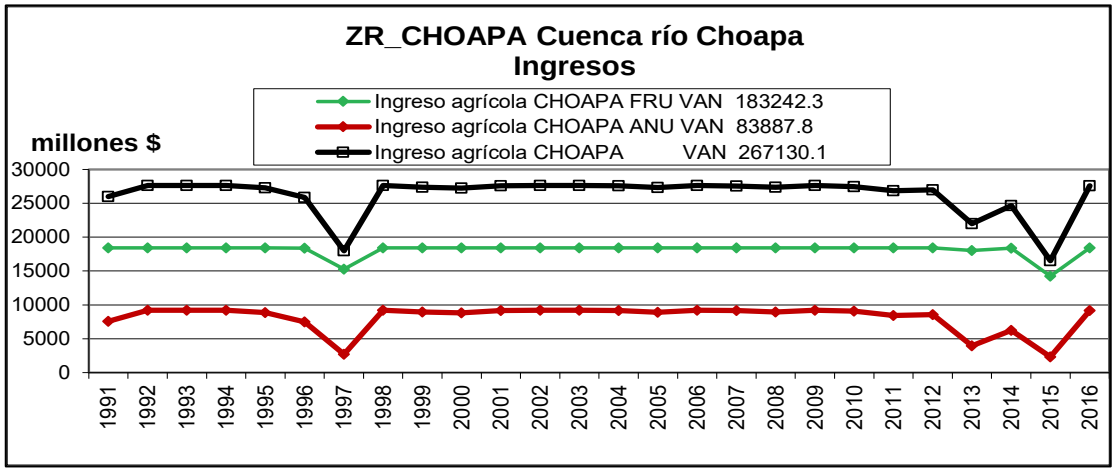


Figura 10.3-6 Costos bombeo escenario Embalse_cabecera, cuenca completa

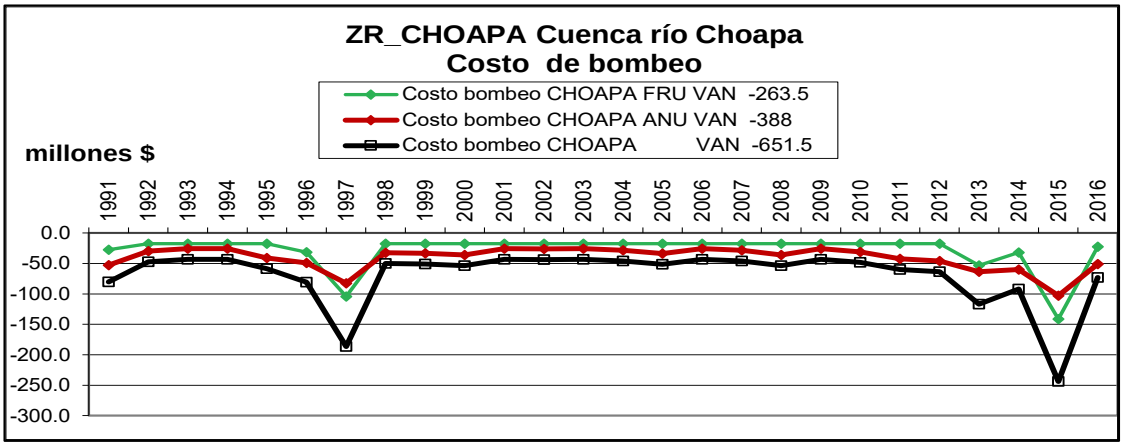


Figura 10.3-7 Costos inversión escenario Embalse_cabecera, cuenca completa

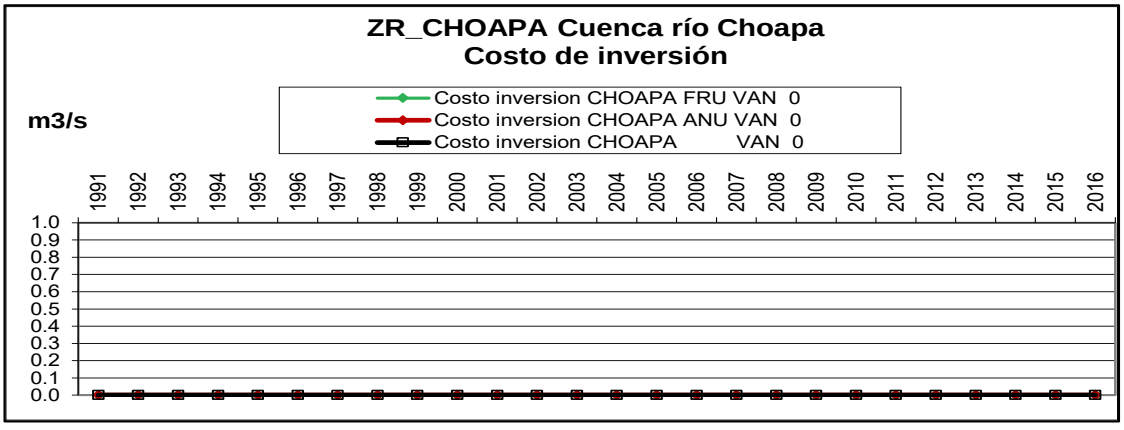
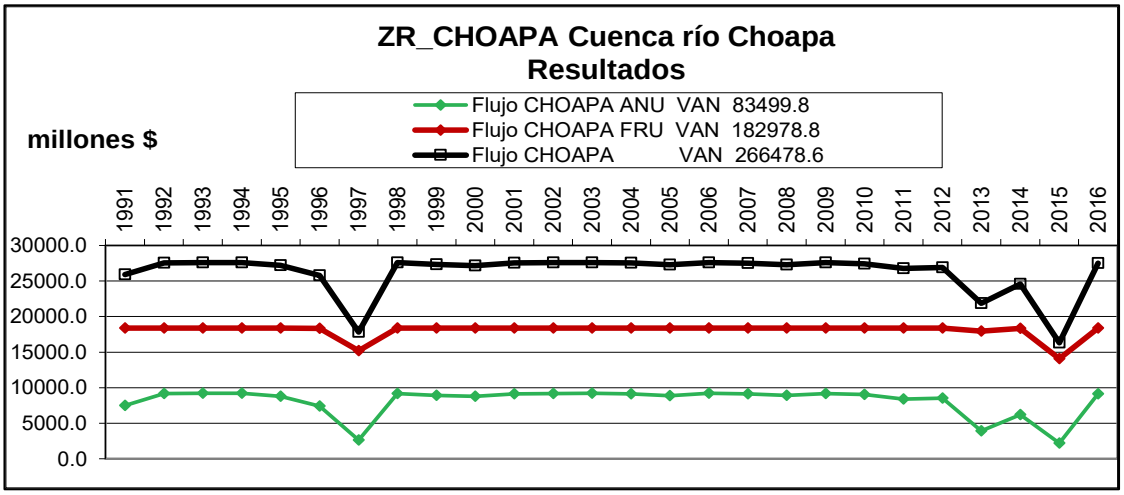


Figura 10.3-8 Resultados o beneficios escenario Embalse_cabecera, cuenca completa



A continuación, en la Tabla 10.3-2 se muestra el resumen del escenario con embalse de cabecera. La comparación entre ambos escenarios se muestra en la Tabla 10.3-3.

Tabla 10.3-2 Resumen escenario con Embalse_cabecera

	ZONAS DE RIEGO			EMBALSE DE CABECERA			FLUJO
	Ingreso agrícola (millones $)	Costo bombeo (millones $)	Costo inversion (millones $)	Ingreso asociado al embalse (millones $)	Costo operación embalse (millones $)	Costo inversion embalse (millones $)	Flujo VAN (millones $)
PROMEDIO	**26240.0**	**-69.4**	**0.0**	**0.0**	**-65.0**	**-1250.0**	**24855.5**
VAN	**267130.1**	**-651.5**	**0.0**	**0.0**	**-655.0**	**-62000.4**	**203823.2**
1991	25981.3	-80.1	0.0	0.0	-65.0	-65000.0	-39163.9
1992	27605.9	-47.3	0.0	0.0	-65.0	0.0	27493.6
1993	27636.1	-43.2	0.0	0.0	-65.0	0.0	27527.9
1994	27636.0	-43.2	0.0	0.0	-65.0	0.0	27527.9
1995	27259.2	-58.6	0.0	0.0	-65.0	0.0	27135.6
1996	25860.2	-80.6	0.0	0.0	-65.0	0.0	25714.7
1997	18001.2	-186.6	0.0	0.0	-65.0	0.0	17749.7
1998	27636.1	-49.9	0.0	0.0	-65.0	0.0	27521.2
1999	27372.9	-51.0	0.0	0.0	-65.0	0.0	27256.9
2000	27224.0	-53.7	0.0	0.0	-65.0	0.0	27105.4
2001	27578.8	-43.2	0.0	0.0	-65.0	0.0	27470.7
2002	27631.5	-43.8	0.0	0.0	-65.0	0.0	27522.7
2003	27636.1	-43.2	0.0	0.0	-65.0	0.0	27527.9
2004	27583.8	-45.8	0.0	0.0	-65.0	0.0	27473.0
2005	27331.8	-51.3	0.0	0.0	-65.0	0.0	27215.5
2006	27636.1	-43.2	0.0	0.0	-65.0	0.0	27527.9
2007	27557.9	-45.8	0.0	0.0	-65.0	0.0	27447.1
2008	27356.7	-53.6	0.0	0.0	-65.0	0.0	27238.1
2009	27629.9	-43.2	0.0	0.0	-65.0	0.0	27521.8
2010	27472.3	-48.4	0.0	0.0	-65.0	0.0	27358.9
2011	26850.0	-60.0	0.0	0.0	-65.0	0.0	26724.9
2012	26978.7	-63.7	0.0	0.0	-65.0	0.0	26850.0
2013	21997.0	-116.8	0.0	0.0	-65.0	0.0	21815.3
2014	24650.9	-92.0	0.0	0.0	-65.0	0.0	24494.0
2015	16544.5	-244.0	0.0	0.0	-65.0	0.0	16235.5
2016	27589.9	-73.2	0.0	0.0	-65.0	32500.0	59951.7

Tabla 10.3-3 Comparación escenarios Embalse_cabecera / FuturoBase

	FuturoBase	Embalse_cabecera	
	Resultado VAN (millones $)	Resultado VAN (millones $)	Delta Resultado
PROMEDIO	**25764.8**	**24855.5**	**-909.3**
VAN	**261679.7**	**203823.2**	**-57856.5**
TIR			-2.0%
1991	24790.5	-39163.9	-63954.3
1992	27589.7	27493.6	-96.1
1993	27592.9	27527.9	-65.0
1994	27592.9	27527.9	-65.0
1995	27178.8	27135.6	-43.2
1996	22757.1	25714.7	2957.6
1997	17804.2	17749.7	-54.5
1998	27581.7	27521.2	-60.5
1999	24876.2	27256.9	2380.7
2000	26928.5	27105.4	176.8
2001	27535.7	27470.7	-65.0
2002	27587.7	27522.7	-65.0
2003	27592.9	27527.9	-65.0
2004	27538.0	27473.0	-65.0
2005	26969.3	27215.5	246.2
2006	27592.9	27527.9	-65.0
2007	27512.1	27447.1	-65.0
2008	27291.8	27238.1	-53.7
2009	27586.8	27521.8	-65.0
2010	27408.2	27358.9	-49.3
2011	24303.0	26724.9	2422.0
2012	26352.8	26850.0	497.3
2013	21584.6	21815.3	230.6
2014	24522.6	24494.0	-28.7
2015	16297.5	16235.5	-62.0
2016	27516.7	59951.7	32435.0

En base a los resultados presentados en esta tabla se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- el ingreso agrícola aumenta, producto de la regulación del embalse, pero sólo en años deficitarios aislados (1999) o en los primeros años de periodos secos prolongados (1995-1996 y 2010-2014). Cuando el período deficitario se prolonga, el embalse se vacía, y ya no se percibe el beneficio de la regulación (2015). En años húmedos, tampoco se observa un beneficio de la regulación ya que el embalse está lleno y la demanda totalmente suplida (2001-2009).

- el beneficio se podría aumentar optimizando la operación del embalse, por ejemplo, frenando la entrega cuando al volumen baja más allá de cierto valor.

- por otro lado, se observa que el costo del bombeo para riego disminuye levemente en los años en que el embalse logra regular el recurso (de 71 millones de pesos al año a 69,4 millones de pesos al año), sin ser muy relevante el beneficio por este concepto.

- el cálculo del Valor Actualizado Neto calculado con una tasa del 10% arroja un valor negativo de 57.856 millones de pesos, al mismo tiempo que la Tasa Interna de Retorno resulta de -2%, mostrando que bajo los supuestos asumidos, el embalse de cabecera no resulta rentable.

- No se han valorizado externalidades ni encadenamientos.

10.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA CON METODOLOGÍA TRADICIONAL

En el Anexo Capítulo 10.4 se encuentra el detalle de dicha metodología, la cual está basada en determinar ingresos agrícolas y costos de bombeo a partir de los resultados del modelo, e ingresar luego estos datos a una planilla de evaluación económica para un lapso de 30 años.

Como limitaciones de dicha metodología, se puede anotar el hecho de que trabaja con valores promedio del período de modelación. Este aspecto, en todo caso, es fácilmente subsanable, en base a una interpretación más detallada de datos desde los resultados del modelo.

En las tablas siguientes se presentan los resultados de la evaluación económica de los mismos escenarios, de acuerdo con la metodología de evaluación del consultor, desarrollada en el estudio GORE-CAZALAC/RODHOS 2006, y aplicada también en el Plan Maestro 2013. En amarillo se destacan los resultados que provienen del modelo hidrológico WEAP.

a) Escenario Futuro Base

En la Tabla 10.4-1 se presenta un resumen de los ingresos agrícolas calculados con la metodología del consultor.

En esta tabla se observa que los ingresos reales promedio en el periodo de simulación ($ 25.836 millones de pesos al año) son iguales a los calculados por WEAP, debido que estos son los valores que se toman del modelo para aplicar esta metodología.

En la Tabla 10.4-2 se presenta un resumen de los costos de bombeo calculados con la metodología del consultor, en el escenario Futuro Base.

Se observa que los costos de bombeo, en el caso de la presente metodología, son prácticamente iguales a los costos calculados por WEAP (70,5 millones de pesos al año versus 71 millones de pesos al año, es decir, una diferencia inferior a 1%), debido a que los supuestos son los mismos.

Tabla 10.4-1 Ingresos agrícolas escenario Futuro Base
(M = millones de pesos)

Zona de riego	Area potencial ANU	Demanda suplida ANU	Ingreso real ANU	Area potencial FRU	Demanda suplida FRU	Ingreso real FRU	Ingreso potencial ZR completa	Ingreso real ZR completa
	ha	%	M$/año	ha	%	M$/año	M$/año	M$/año
ZR_01	145	98.7	126.7	28	100.0	43.5	171.9	170.2
ZR_02	263	84.2	195.5	98	99.5	225.7	459.1	421.2
ZR_03	419	74.5	276.0	143	99.0	325.8	699.7	601.8
ZR_04	426	94.4	355.4	160	98.4	336.6	718.2	692.0
ZR_050	600	91.3	484.5	220	99.4	453.7	986.8	938.1
ZR_051	127	91.1	101.8	323	99.6	1115.3	1231.0	1217.1
ZR_052	69	86.9	52.9	17	100.0	32.0	92.9	84.9
ZR_06	217	89.6	172.3	120	99.2	365.2	560.6	537.5
ZR_07	153	95.4	128.7	53	99.0	114.0	250.0	242.6
ZR_08	592	83.2	435.8	878	98.3	2859.1	3431.6	3294.9
ZR_09	15	96.4	12.6	2	97.6	2.3	15.4	14.9
ZR_10	358	81.6	257.8	73	99.3	108.9	425.6	366.7
ZR_11	121	51.1	41.3	28	92.9	80.2	167.2	121.5
ZR_12	371	62.5	155.4	39	100.0	96.3	345.0	251.7
ZR_13	826	75.5	403.8	45	100.0	85.2	619.7	489.0
ZR_14	1013	82.7	794.6	247	99.8	688.3	1651.2	1482.9
ZR_15	657	79.7	479.8	255	99.5	939.4	1546.0	1419.2
ZR_16	1049	83.2	780.8	440	100.0	1332.8	2270.8	2113.6
ZR_17	874	74.8	491.9	1270	96.5	5305.4	6155.8	5797.4
ZR_18	180	27.3	20.1	24	97.9	80.9	156.2	101.0
ZR_19	113	80.5	48.9	11	100.0	37.0	97.7	85.9
ZR_20	142	92.1	78.2	25	98.0	85.5	172.2	163.7
ZR_22	139	86.4	97.5	41	99.3	129.7	243.3	227.2
ZR_23	344	85.6	237.2	137	98.4	442.5	726.8	679.7
ZR_24	832	78.6	498.4	275	99.2	1334.7	1980.4	1833.2
ZR_25	471	65.2	231.7	315	99.6	1147.9	1508.5	1379.6
ZR_26	95	88.0	68.8	6	100.0	13.5	91.8	82.4
ZR_27	241	97.0	212.0	0	100.0	0.0	218.6	212.0
ZR_28	513	100.0	491.5	93	100.0	322.6	814.0	814.0
TOTAL	11364		7732	5365		18104	27808	25836

Tabla 10.4-2 Costos de bombeo en escenario Futuro Base

Sector	Altura de bombeo	N° de pozos	Qmax_sector =Q_DAA	Qmax_ pozo	Potencia	Costo fijo bombeo	Costo reposición	Costo fijo total	Costo variable bombeo	Caudal bombeo	Caudal bombeo	Costo variable bombeo
	m		m3/s	m3/h	kW	$/año	$/año	$/año	$/m3	m3/s	m3/año	$/año
AC-01	20									0.000	0	
AC-02	60									0.000	0	
AC-03	90									0.000	0	
AC-04	90									0.000	0	
AC-050	90	2	0.044	79	30	357,600	930,240	1,287,840	25	0.001	23,173	582,219
AC-051	90	1	0.025	90	34	406,200	504,000	910,200	25	0.000	14,681	368,856
AC-052	90									0.000	0	0
AC-06	70	4	0.010	9	3	32,700	820,800	853,500	20	0.000	5,468	106,854
AC-07	90									0.000	0	0
AC-08	100	8	0.082	37	15	185,498	2,619,504	2,805,002	28	0.005	164,827	4,601,408
AC-09	100	1	0.002	7	3	37,200	208,800	246,000	28	0.000	0	0
AC-10	130	2	0.001	2	1	13,602	379,843	393,445	36	0.000	1,458	52,914
AC-11	50									0.000	0	0
AC-12	100									0.000	0	0
AC-13	160	4	0.010	9	6	74,136	953,395	1,027,531	45	0.006	185,038	8,265,020
AC-14	160									0.000	5,489	0
AC-15	130	4	0.034	31	17	200,100	1,356,480	1,556,580	36	0.001	19,965	724,558
AC-16	110	6	0.063	38	17	209,100	2,077,920	2,287,020	31	0.000	14,355	440,804
AC-17	90	3	0.025	30	11	138,360	869,184	1,007,544	25	0.001	33,477	841,103
AC-19	20									0.000	0	0
AC-21	20									0.000	0	0
AC-22	30									0.000	0	0
AC-23	100									0.000	10,577	0
AC-24	130	10	0.032	11	6	75,378	2,393,424	2,468,802	36	0.000	14,024	508,947
AC-25	70	19	0.203	38	11	135,649	5,463,619	5,599,268	20	0.038	1,203,705	23,522,402
AC-26	55	4	0.067	61	14	167,990	1,253,729	1,421,719	15	0.003	101,560	1,559,363
AC-27	60									0.000	10,892	0
AC-28	60	9	0.211	84	21	254,400	3,443,040	3,697,440	17	0.006	199,331	3,338,794
TOTAL		**77**	**0.809**			**2,287,912**	**23,273,978**	**25,561,891**				**44,913,242**
TOTAL Costos fijos más variables												**70,475,132**

Los resultados de flujo, aplicando la metodología del consultor, entregan los valores de la Tabla 10.4-3. Se aprecia que de acuerdo con esta metodología, el valor actualizado neto de los ingresos (236.035 millones de pesos), es aproximadamente un 10% menor al obtenido con WEAP (261.680 millones de pesos), debido a que aquí se ha trabajado con un ingreso promedio fijo al año.

Tabla 10.4-3 Flujos de ingresos y egresos escenario Futuro Base

Año	Ingresos	Egresos												
	Ingreso	Inversiones en Obras					Operación y Mantención							Flujo ingresos y egresos
	Agropecuario	Embalse	Pozos nuevos	Entubamientos	Tecnificación	Tranques	Embalses	Pozos (variable)	Pozos (fijo)	Canales (mantención)	Entubamientos (mantención)	Tranques	Total Egresos	
Cantidad			0	0	0		0.10%			0	0	2%		
Unidad				km	ha		inversión			km	km	inversión		
P.U.		0.0	18.0	45.0	1.6	0.0	0.001	**44.9**	**25.6**	380000	57000	0.02		
1991	25836	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.9	25.6	0.0	0.0	0.0	70.5	25,765.3
1992	25836	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.9	25.6	0.0	0.0	0.0	70.5	25,765.3
1993	25836	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.9	25.6	0.0	0.0	0.0	70.5	25,765.3
1994	25836	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.9	25.6	0.0	0.0	0.0	70.5	25,765.3
1995	25836	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.9	25.6	0.0	0.0	0.0	70.5	25,765.3
1996	25836	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.9	25.6	0.0	0.0	0.0	70.5	25,765.3
1997	25836	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.9	25.6	0.0	0.0	0.0	70.5	25,765.3
1998	25836	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.9	25.6	0.0	0.0	0.0	70.5	25,765.3
1999	25836	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.9	25.6	0.0	0.0	0.0	70.5	25,765.3
2000	25836	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.9	25.6	0.0	0.0	0.0	70.5	25,765.3
2001	25836	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.9	25.6	0.0	0.0	0.0	70.5	25,765.3
2002	25836	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.9	25.6	0.0	0.0	0.0	70.5	25,765.3
2003	25836	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.9	25.6	0.0	0.0	0.0	70.5	25,765.3
2004	25836	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.9	25.6	0.0	0.0	0.0	70.5	25,765.3
2005	25836	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.9	25.6	0.0	0.0	0.0	70.5	25,765.3
2006	25836	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.9	25.6	0.0	0.0	0.0	70.5	25,765.3
2007	25836	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.9	25.6	0.0	0.0	0.0	70.5	25,765.3
2008	25836	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.9	25.6	0.0	0.0	0.0	70.5	25,765.3
2009	25836	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.9	25.6	0.0	0.0	0.0	70.5	25,765.3
2010	25836	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.9	25.6	0.0	0.0	0.0	70.5	25,765.3
2011	25836	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.9	25.6	0.0	0.0	0.0	70.5	25,765.3
2012	25836	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.9	25.6	0.0	0.0	0.0	70.5	25,765.3
2013	25836	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.9	25.6	0.0	0.0	0.0	70.5	25,765.3
2014	25836	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.9	25.6	0.0	0.0	0.0	70.5	25,765.3
2015	25836	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.9	25.6	0.0	0.0	0.0	70.5	25,765.3
2016	25836	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.9	25.6	0.0	0.0	0.0	70.5	25,765.3
VAN	**236,680**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**411**	**235**	**0**	**0**	**0**	**646**	**236,035**

b) Escenario con embalse de cabecera

En la Tabla 10.4-4 se presenta un resumen de los ingresos agrícolas calculados con la metodología del consultor, para el escenario con embalse de cabecera.

Tabla 10.4-4 Ingresos agrícolas escenario Embalse Cabecera
(M = millones de pesos)

	Area potencial ANU	Demanda suplida ANU	Ingreso real ANU	Area potencial FRU	Demanda suplida FRU	Ingreso real FRU	Ingreso potencial ZR completa	Ingreso real ZR completa
	ha	%	M$/año	ha	%	M$/año	M$/año	M$/año
ZR_01	145	98.7	126.7	28	100.0	43.5	171.9	170.2
ZR_02	263	88.4	205.3	98	99.5	225.7	459.1	430.9
ZR_03	419	77.5	287.4	143	99.0	325.8	699.7	613.1
ZR_04	426	95.2	358.3	160	98.4	336.6	718.2	694.9
ZR_050	600	93.4	495.3	220	99.4	453.7	986.8	949.0
ZR_051	127	92.4	103.2	323	99.6	1115.3	1231.0	1218.5
ZR_052	69	91.7	55.8	17	100.0	32.0	92.9	87.8
ZR_06	217	91.7	176.2	120	99.2	365.3	560.6	541.4
ZR_07	153	95.8	129.3	53	99.0	114.0	250.0	243.3
ZR_08	592	89.6	469.2	878	98.3	2859.6	3431.6	3328.8
ZR_09	15	97.2	12.7	2	97.6	2.3	15.4	15.0
ZR_10	358	88.5	279.6	73	99.3	108.9	425.6	388.4
ZR_11	121	53.0	42.9	28	93.6	80.8	167.2	123.7
ZR_12	371	63.5	157.9	39	100.0	96.3	345.0	254.2
ZR_13	826	80.0	427.4	45	100.0	85.2	619.7	512.6
ZR_14	1013	90.3	867.7	247	99.8	688.3	1651.2	1556.0
ZR_15	657	88.3	531.3	255	99.5	939.4	1546.0	1470.7
ZR_16	1049	90.5	848.5	440	100.0	1332.8	2270.8	2181.3
ZR_17	874	86.7	570.7	1270	96.6	5310.4	6155.8	5881.1
ZR_18	180	27.3	20.1	24	97.9	80.9	156.2	101.0
ZR_19	113	80.6	48.9	11	100.0	37.0	97.7	85.9
ZR_20	142	92.7	78.8	25	98.0	85.5	172.2	164.3
ZR_22	139	87.4	98.6	41	99.3	129.7	243.3	228.3
ZR_23	344	85.1	236.0	137	98.4	442.5	726.8	678.5
ZR_24	832	78.5	498.1	275	99.2	1334.7	1980.4	1832.9
ZR_25	471	65.1	231.5	315	99.6	1147.9	1508.5	1379.4
ZR_26	95	87.9	68.8	6	100.0	13.5	91.8	82.4
ZR_27	241	97.1	212.3	0	100.0	0.0	218.6	212.3
ZR_28	513	100.0	491.5	93	100.0	322.6	814.0	814.0
TOTAL	11364		8130	5365		18110	27808	26240

Se aprecia que los ingresos son sólo levemente mayores en este escenario que el en escenario Futuro base (26.240 millones de pesos anuales, versus 25.836 millones de pesos anuales), lo mismo que ocurre para el cálculo realizado con WEAP.

En la siguiente Tabla 10.4-5 se presenta un resumen de los costos de bombeo calculados con la metodología del consultor, en el escenario Embalse de Cabecera.

Se puede apreciar en este cuadro, que al igual que aplicando la metodología WEAP, hay una reducción de costos casi imperceptible, de 70,5 millones al año, a 68,9 millones al año. La reducción de costos es de 1,6 millones al año, la misma que se obtiene del análisis interno con WEAP. Esto muestra, de nuevo, que el embalse no genera un efecto importante en cuanto a reducción de costos de bombeo.

Los resultados de beneficios, aplicando la metodología del consultor, entregan los valores de la Tabla 10.4-6.

Tabla 10.4-5 Costos de bombeo escenario Embalse Cabecera

Sector	Altura de bombeo	N° de pozos	Qmax_sector =Q_DAA	Qmax_ pozo	Potencia	Costo fijo bombeo	Costo reposición	Costo fijo total	Costo variable bombeo	Caudal bombeo	Caudal bombeo	Costo variable bombeo
	m		m3/s	m3/h	kW	$/año	$/año	$/año	$/m3	m3/s	m3/año	$/año
AC-01	20									0.000		
AC-02	60									0.000		
AC-03	90									0.000		
AC-04	90									0.000		
AC-050	90	2	0.044	79	30	357,600	930,240	1,287,840	25	0.001	23,168	582,105
AC-051	90	1	0.025	90	34	406,200	504,000	910,200	25	0.000	14,685	368,950
AC-052	90									0.000	0	0
AC-06	70	4	0.010	9	3	32,700	820,800	853,500	20	0.000	5,421	105,942
AC-07	90									0.000	0	0
AC-08	100	8	0.082	37	15	185,498	2,619,504	2,805,002	28	0.005	150,571	4,203,452
AC-09	100	1	0.002	7	3	37,200	208,800	246,000	28	0.000	0	0
AC-10	130	2	0.001	2	1	13,602	379,843	393,445	36	0.000	1,454	52,765
AC-11	50									0.000	0	0
AC-12	100									0.000	0	0
AC-13	160	4	0.010	9	6	74,136	953,395	1,027,531	45	0.005	166,857	7,452,957
AC-14	160									0.000	5,446	0
AC-15	130	4	0.034	31	17	200,100	1,356,480	1,556,580	36	0.001	19,961	724,425
AC-16	110	6	0.063	38	17	209,100	2,077,920	2,287,020	31	0.000	14,314	439,557
AC-17	90	3	0.025	30	11	138,360	869,184	1,007,544	25	0.001	28,570	717,824
AC-19	20									0.000	0	0
AC-21	20									0.000	0	0
AC-22	30									0.000	0	0
AC-23	100									0.000	13,043	0
AC-24	130	10	0.032	11	6	75,378	2,393,424	2,468,802	36	0.000	13,992	507,804
AC-25	70	19	0.203	38	11	135,649	5,463,619	5,599,268	20	0.038	1,207,143	23,589,587
AC-26	55	4	0.067	61	14	167,990	1,253,729	1,421,719	15	0.003	101,229	1,554,289
AC-27	60									0.000	9,086	0
AC-28	60	9	0.211	84	21	254,400	3,443,040	3,697,440	17	0.006	182,364	3,054,602
TOTAL		**77**	**0.809**			**2,287,912**	**23,273,978**	**25,561,891**				**43,354,259**
TOTAL Costos fijos más variables												**68,916,150**

Tabla 10.4-6 Flujos de ingresos y egresos escenario Embalse Cabecera

Año	Ingresos	Egresos												
	Ingreso	Inversiones en Obras					Operación y Mantención							Flujo ingresos y egresos
	Agropecuario	Embalse	Pozos nuevos	Entubamientos	Tecnificación	Tranques	Embalses	Pozos (variable)	Pozos (fijo)	Canales (mantención)	Entubamientos (mantención)	Tranques	Total Egresos	
Cantidad			0	0	0		0.10%			0	0	2%		
Unidad				km	ha		inversión			km	km	inversión		
P.U.		65000.0	18.0	45.0	1.6	0.0	0.001	43.3	25.6	380000	57000	0.02		
1991	26240	65,000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	43.3	25.6	0.0	0.0	0.0	65,133.9	-38,893.9
1992	26240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	43.3	25.6	0.0	0.0	0.0	133.9	26,106.1
1993	26240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	43.3	25.6	0.0	0.0	0.0	133.9	26,106.1
1994	26240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	43.3	25.6	0.0	0.0	0.0	133.9	26,106.1
1995	26240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	43.3	25.6	0.0	0.0	0.0	133.9	26,106.1
1996	26240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	43.3	25.6	0.0	0.0	0.0	133.9	26,106.1
1997	26240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	43.3	25.6	0.0	0.0	0.0	133.9	26,106.1
1998	26240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	43.3	25.6	0.0	0.0	0.0	133.9	26,106.1
1999	26240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	43.3	25.6	0.0	0.0	0.0	133.9	26,106.1
2000	26240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	43.3	25.6	0.0	0.0	0.0	133.9	26,106.1
2001	26240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	43.3	25.6	0.0	0.0	0.0	133.9	26,106.1
2002	26240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	43.3	25.6	0.0	0.0	0.0	133.9	26,106.1
2003	26240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	43.3	25.6	0.0	0.0	0.0	133.9	26,106.1
2004	26240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	43.3	25.6	0.0	0.0	0.0	133.9	26,106.1
2005	26240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	43.3	25.6	0.0	0.0	0.0	133.9	26,106.1
2006	26240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	43.3	25.6	0.0	0.0	0.0	133.9	26,106.1
2007	26240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	43.3	25.6	0.0	0.0	0.0	133.9	26,106.1
2008	26240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	43.3	25.6	0.0	0.0	0.0	133.9	26,106.1
2009	26240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	43.3	25.6	0.0	0.0	0.0	133.9	26,106.1
2010	26240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	43.3	25.6	0.0	0.0	0.0	133.9	26,106.1
2011	26240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	43.3	25.6	0.0	0.0	0.0	133.9	26,106.1
2012	26240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	43.3	25.6	0.0	0.0	0.0	133.9	26,106.1
2013	26240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	43.3	25.6	0.0	0.0	0.0	133.9	26,106.1
2014	26240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	43.3	25.6	0.0	0.0	0.0	133.9	26,106.1
2015	26240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	43.3	25.6	0.0	0.0	0.0	133.9	26,106.1
2016	26240	-29,900.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	43.3	25.6	0.0	0.0	0.0	-29,766.1	56,006.1
VAN	**240,383**	**56,582**	**0**	**0**	**0**	**0**	**595**	**397**	**235**	**0**	**0**	**0**	**57,809**	**182,574**

Se aprecia que de acuerdo con esta metodología, el valor actualizado neto de los ingresos aumenta levemente, de 236.680 millones de pesos a 240.383 millones de pesos con embalse de cabecera. Sin embargo, el costo del embalse reduce el VAN del proyecto, de 236.035 millones de pesos a 182.574 millones de pesos.

La comparación de la situación sin proyecto y con proyecto, se muestra en la Tabla 10.4-7 adjunta.

Tabla 10.4-7 Comparación de la situación sin y con proyecto Embalse de Cabecera

Año	Ingresos	Egresos												
	Ingreso	Inversiones en Obras					Operación y Mantención							
	Agropecuario	Embalse	Pozos nuevos	Entubamientos	Tecnificación	Tranques	Embalses	Pozos (variable)	Pozos (fijo)	Canales (mantención)	Entubamientos (mantención)	Tranques	Total Egresos	Flujo ingresos y egresos
Cantidad			0	0	0		0.10%			0	0	2%		
Unidad				km	ha		inversión			km	km	inversión		
1991	404	65,000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	65,063.4	-64,659.2
1992	404	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	63.4	340.8
1993	404	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	63.4	340.8
1994	404	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	63.4	340.8
1995	404	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	63.4	340.8
1996	404	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	63.4	340.8
1997	404	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	63.4	340.8
1998	404	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	63.4	340.8
1999	404	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	63.4	340.8
2000	404	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	63.4	340.8
2001	404	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	63.4	340.8
2002	404	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	63.4	340.8
2003	404	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	63.4	340.8
2004	404	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	63.4	340.8
2005	404	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	63.4	340.8
2006	404	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	63.4	340.8
2007	404	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	63.4	340.8
2008	404	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	63.4	340.8
2009	404	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	63.4	340.8
2010	404	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	63.4	340.8
2011	404	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	63.4	340.8
2012	404	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	63.4	340.8
2013	404	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	63.4	340.8
2014	404	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	63.4	340.8
2015	404	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	63.4	340.8
2016	404	#######	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	-1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	-29,836.6	30,240.8
VAN	**3702.4**	**56582.1**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**595.5**	**-14.7**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**57162.9**	**-53460.5**
													TIR =	-2%

En esta tabla final se observa que hay un aumento del ingreso de 404 millones de pesos al año y que el bombeo agrícola disminuye en 1,6 millones de pesos al año, totalmente coincidente con los montos promedio calculados con WEAP.

Mediante esta metodología, el VAN resulta de − 53.461 millones de pesos (negativo) y la TIR se estima en -2%. Estos resultados son muy similares a los resultados calculados a partir de WEAP, donde el VAN resulta de − 57.857 millones de pesos (negativo) y la TIR igualmente de − 2%.

10.5 CONCLUSIONES SOBRE LA HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN ECONÓMICA DE WEAP

- Una de las evidentes ventajas de esta herramienta integrada proviene del hecho que el cálculo de los ingresos agrícolas, de los costos de operación de los pozos y de los costos de inversión se lleva a cabo internamente en WEAP, y se alimenta en forma dinámica de los resultados del modelo hidrológico.

- Otra gran ventaja de su utilización, es la posibilidad de hacer visible toda la información económica relevante de un sistema hidrológico dado, además de toda la información hidrológica que alimenta el modelo. De esta manera, esta información queda a disposición de cualquier usuario posterior del modelo: se traspasa de una versión del modelo a otra y se puede actualizar y mejorar a medida que se dispone de la información necesario para hacerlo.

- Una limitación detectada en la herramienta económica de WEAP es la necesidad de caracterizar las variables económicas para la zona de riego en su conjunto y la imposibilidad de caracterizar cada tipo de cultivo en forma individual.

- En cuanto a los resultados entregados por el modelo WEAP, se pueden mencionar las siguientes limitaciones: los resultados de costos de operación de los pozos no permiten discernir entre costos variables y costos fijos, cuando en los datos de entrada estas variables sí se caracterizaron en forma separada.

- Lo más importante de señalar, es que, debido al pobre desempeño del programa WEAP en la parte de visualización de resultados, ha sido necesario generar una interfaz de visualización de resultados económicos fuera de WEAP, al igual que para los resultados hídricos. También cabe mencionar que ocurrieron algunos problemas en la exportación de los resultados de WEAP a Excel, dificultando aún más el proceso de visualización de resultados de la herramienta económica.

- Debido a ello, no es clara la ventaja de hacer una evaluación económica dentro de WEAP, si se puede extraer del modelo todos los resultados necesarios para realizar la evaluación externamente.

- A partir de las publicaciones revisadas, se puede apreciar que todos los autores prefieren externalizar el análisis económico, y usar el modelo WEAP sólo para modelar el sistema hídrico, probablemente por la misma razón.

- Por lo tanto, se puede poner en duda la utilidad de hacer el cálculo de las variables económicas en forma interna en WEAP.

- Respecto de la comparación entre la herramienta de evaluación económica de WEAP y aquella usada por el consultor en estudios anteriores, se puede concluir que con WEAP mejora tanto la resolución temporal como la resolución espacial del análisis.

- La mejor resolución espacial se debe al gran potencial de WEAP de definir reglas de asignación del agua, lo que ha permitido separar, dentro de una misma zona de riego, los cultivos permanentes de los cultivos anuales, y dotarles de prioridades distintas para el suministro de agua. Esta capacidad no es propia de

la herramienta económica de WEAP, sino que del algoritmo que realiza la distribución del recurso entre todos los nodos de demanda del sistema.

- Los resultados de la metodología del consultor, incluso siendo una metodología simplificada, que no trabaja con valores anuales de satisfacción de la demanda, sino que con un valor promedio, igual para todos los años, no se alejan más que un 10% en la estimación de los ingresos realizados internamente con WEAP. En cuanto a la estimación del VAN, se aleja sólo en un 8%.

- La metodología del consultor se puede mejorar para obtener una mayor resolución temporal y espacial, de modo que trabaje con valores anuales y no con promedios, y trabajando por zona de riego en vez de macrozonas. De esta forma, entregaría resultados similares a los obtenidos con WEAP.

- Por lo tanto, se recomienda mejorar dicha metodología, y mantener la evaluación económica externa al WEAP, en vez de ingresar los parámetros y hacer los cálculos internamente, debido a los motivos señalados.

- En conclusión, la herramienta de evaluación económica de WEAP se aprecia como una herramienta básica, probablemente inferior a muchas herramientas económicas específicas, que son alimentadas por los resultados de un modelo hidrológico WEAP o similar, y que se manejan externamente a WEAP. La principal ventaja de la herramienta WEAP es su integración con el modelo hidrológico del cual se alimenta, lo cual permite empezar a vincular y socializar los aspectos económicos relacionados con la gestión del recurso hídrico. Sin embargo el pobre desempeño en la visualización de resultados de WEAP obliga el usuario a externalizar el análisis de los resultados, con un importante trabajo adicional, por lo que finalmente no queda clara la ventaja de usar esta herramienta para hacer las evaluaciones económicas.

- En relación con los resultados de la evaluación económica, el embalse de cabecera del río Choapa resulta económicamente no rentable, con VAN negativo de alrededor de − 55.000 millones de pesos y TIR de -2%. La metodología de análisis no incluye la evaluación de externalidades ni encadenamientos.

11 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE ESCENARIOS

La operación del modelo hidrológico genera la base para la posterior aplicación del modelo de evaluación económica. De acuerdo con lo que se ha señalado anteriormente, se definió una serie de escenarios, los que considerando medidas o acciones estructurales, no estructurales o una combinación de ambas, propendan a hacer un uso más eficiente del agua en cada una de las tres cuencas estudiadas.

El modelo de evaluación económica se aplicó a todos los escenarios corridos con el modelo hídrico que resultaron técnicamente factibles, esto es, que nos acercan a los objetivos sin violar las restricciones. Cada escenario hídrico tiene características propias en cuanto a desarrollos y proyectos (obras o acciones para mejoramientos de eficiencia), y por lo tanto también tiene características propias en cuanto a eficiencias y rendimientos económicos.

Para cada escenario, el modelo económico recibe como información de entrada, por un lado, los resultados del modelo hídrico (porcentaje de demanda suplida, caudales bombeados, áreas tecnificadas, canales revestidos), y por otro lado, los costos de inversión, reposición, mantenimiento y operación asociados a cada una de las obras o acciones de mejoramiento incluidas. El modelo evalúa los ingresos que se generan en cada escenario (ingresos agrícolas fundamentalmente). La diferencia entre ingresos y costos entrega el flujo de beneficios de cada escenario, el cual se puede comparar con el flujo de beneficios de los demás escenarios. En el caso de tratarse de proyectos aislables, se determinan además los indicadores de rentabilidad más habituales, como son: el valor actualizado neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

La interpretación de los resultados de la evaluación económica requiere una definición muy clara de un escenario base, en relación al cual se efectúan las comparaciones.

Para cada escenario evaluado se generó una planilla llamada Eval_Eco_Nombre del Escenario.xlsx, la cual tiene las siguientes hojas:

- Cálculo de ingresos
- Costos de operación y mantenimiento de pozos
- Flujos (evaluación económica) del escenario con proyecto
- Flujos (evaluación económica) del escenario de referencia sin proyecto
- Diferencia entre ambos escenarios, con el cálculo del valor VAN y TIR del proyecto.

Para los escenarios de obras, tiene dos hojas más, en las cuales se iteró para lograr un aumento de ingresos que generara un VAN de al menos cero y una TIR de al menos 10%. Estas hojas son:

- Flujos con aumento de ingresos
- Diferencia entre nuevo escenario y escenario base, con el cálculo de VAN (0) y TIR (10%).

Las planillas se encuentran en el Anexo Capítulo 11.

11.1 EVALUACIÓN DE INGRESOS ANUALES

Para cuantificar el mejoramiento que ofrece cada una de las medidas tomadas en cada uno de los escenarios de operación, se ha observado la forma en que mejora la demanda suplida. Este mejoramiento se cuantifica a través del aumento de ingreso anual que produce tal mejoramiento.

El ingreso generado depende de los valores de margen neto anual equivalente por hectárea que aportan los cultivos presentes, y del porcentaje en que se ha considerado suplida la demanda.

De este modo, el ingreso anual generado en cada escenario se ha obtenido a nivel de zona de riego de cultivos anuales y frutales, en base a una planilla (Ingresos) en la que se ingresa el porcentaje de satisfacción de la demanda de cada zona de riego, y los ingresos basados en los márgenes netos que entrega la composición de cultivos, en cada caso.

Los resultados que se obtienen para los ingresos en cada uno de los escenarios corridos, son los que se muestran en la Tabla 11.1-1 adjunta

Tabla 11.1-1 Ingresos anuales obtenidos por escenario cuenca Choapa

Escenario	Ingreso en millones $ Nov 2017
Calib 28	25 866
Futuro Base	25 785
CC Moderado	26 425
CC Adverso	22 348
Emb Cabecera sobre CC Mod	26 864
Emb Cabecera sobre CC Adverso	23 149
100% Tecnificación sobre CC Moderado	26 708
100% Revestimiento sobre CC Moderado	26 538
Sin MLP	26 816

11.2 EVALUACIÓN DE COSTOS

Los costos que se han considerado en cada uno de los escenarios incluyen costos de inversión, y de operación y mantenimiento.

Entre las inversiones, se incluyen: embalse nuevo, revestimiento de canal y tecnificación de riego, vale decir, todos los costos de inversión de las obras que se probaron con los diferentes escenarios. Se asumió que la gestión no tiene costo adicional al actual, o que éste sería despreciable.

Los costos de operación y mantenimiento se aplican al embalse, a los pozos, y a todos los canales aunque se revistan.

Cada escenario se compara con un escenario de base. Los escenarios de base son CC Moderado y CC Adverso.

Los costos que se utilizaron para el cálculo del valor presente neto de cada escenario, tanto de inversión como de mantenimiento y operación, fueron los que se presentan en la Tabla 11.2-1 adjunta. Todos los valores se obtuvieron de la bibliografía, de los manuales de costos de obras menores de INDAP y CNR. Los costos están actualizados a Noviembre de 2017.

Tabla 11.2-1 Costos de inversión y de Operación / Mantenimiento

Item		Costo considerado
Inversión Embalse Cabecera		$ 65.000 millones
Tecnificación del riego		$ 2.000.000 por hectárea
Revestimiento de canales		$ 150.000 por metro lineal
Mantenimiento embalses		0,1% de la inversión al año
Mantenimiento de canales		$ 380.000 por km al año en promedio, 0.3 para canales revestidos
Mantenimiento de pozos		Según Tabla Eval_Eco del escenario
Operación de pozos		Según Tabla Eval_Eco del escenario

11.3 VALOR PRESENTE NETO DE CADA ESCENARIO

Tanto los costos como los ingresos se presentan en una planilla de cálculo de VAN, en la cual se desarrolla cada escenario en un horizonte de 26 años. Este horizonte parece adecuado debido a que los flujos después de 26 años no aportan gran cosa a los valores actualizados. Para la actualización de los flujos se utilizó una tasa de descuento de 10%, de acuerdo con los actuales criterios de MIDESO para la evaluación privada de proyectos.

En la Tabla 11.3-1 adjunta, se muestra el resultado de la evaluación económica de cada uno de los escenarios, en la forma de valores presentes netos resultantes de flujos de 26 años, para cada cuenca. Se obtiene el VPN o VAN, para cada ítem de ingreso y costo, y para el flujo total. A través del flujo total es que los escenarios se pueden comparar entre ellos. Los escenarios rentables son los que generan un valor presente neto mayor que el de su escenario base.

Esta tabla representa la base para el análisis de cada una de las medidas.

Tabla 11.3-1 Resultado de la evaluación económica por escenario (millones de pesos Nov 2017)

Año	Ingresos	Egresos								Flujo	Delta Flujo con respecto escenario base	TIR
	Ingreso Agropecuario	Inversiones en Obras			Operación y Mantención				Total Egresos	Ingresos y Egresos		
		Embalse	Revestimiento	Tecnificación	Embalse	Pozos (operación)	Pozos (mantención)	Canales (mantención)				
Calib 28	236,956	0	0	0	0	373	234	2,298	2,904	234,052		
Futuro Base	236,214	0	0	0	0	418	234	2,298	2,950	233,264		
CC Moderado	242,082	0	0	0	0	474	234	2,298	3,006	239,076		
Emb Cab sobre CC Mod	246,098	56,582	0	0	595	441	234	2,298	60,150	185,948	-53,128	-2%
100% Tecnif sobre CC Mod	244,671	0	0	23,636	0	224	234	2,298	26,392	218,279	-20,797	-8%
100% Revest sobre CC Mod	243,118	0	58,818	0	0	401	234	1,814	61,267	181,851	-57,225	-15%
Sin MLP sobre CC Mod	245,658	0	0	0	0	416	234	2,298	2,948	242,710	3,634	-
CC Adverso	204,727	0	0	0	0	1,363	234	2,298	3,895	200,832		
Emb Cab sobre CC Adv	212,064	56,582	0	0	595	1,228	234	2,298	60,937	151,127	-49,705	-1%

11.4 ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD DE LOS ESCENARIOS

La Tabla 11.3-1 permite apreciar que ninguna de las acciones analizadas resulta rentable en base al solo aumento de la demanda suplida. El aumento del ingreso agrícola que generan las medidas aplicadas en los escenarios, no es sustancial, y no basta para rentabilizar las acciones probadas en los escenarios.

Al respecto, es necesario señalar que en ningún escenario se ha intentado aumentar la superficie regada. La medidas probadas solamente están destinadas a aumentar la seguridad de riego de las casi 17.000 hectáreas definidas como posibles de regar.

Así, se ve por ejemplo, que el embalse de cabecera generaría un aumento del ingreso agrícola de 4000 millones de pesos en relación con un escenario base de cambio climático moderado, y de algo más de 7000 millones de pesos en un escenario de cambio climático adverso. Sin embargo, en ninguno de los casos la inversión de 65000 millones de pesos se justificaría.

Lo mismo se observa para la tecnificación y el revestimiento de canales (ambos aplicados a todo lo que actualmente no está tecnificado ni revestido). El aumento de ingreso no resulta sustancial.

Por lo tanto, se ha hecho un análisis hipotético, para ver cuántas veces habría que aumentar el ingreso agrícola, sin modificar los costos, para alcanzar a rentabilizar los proyectos. Los resultados de ese análisis se muestran en la Tabla 11.4-1 adjunta.

Tabla 11.4-1 Factor multiplicador de ingresos para lograr rentabilidad 10%

Año	Factor de aumento de ingreso	Ingresos	Egresos	Flujo	Delta Flujo con respecto escenario base	TIR
		Ingreso Agropecuario	Total Egresos	Ingresos y Egresos		
Calib 28		236,956	2,904	234,052		
Futuro Base		236,214	2,950	233,264		
CC Moderado		242,082	3,006	239,076		
Emb Cab sobre CC Mod	1.220	300,240	60,150	240,090	1,014	10%
100% Tecnif sobre CC Mod	1.085	265,468	26,392	239,076	0	10%
100% Revest sobre CC Mod	1.240	301,467	61,267	240,200	1,124	10%
Sin MLP sobre CC Mod		245,658	2,948	242,710	3,634	-
CC Adverso		204,727	3,895	200,832		
Emb Cab sobre CC Adv	1.240	262,959	60,937	202,022	1,190	10%

Según se puede apreciar, factores de aumento de ingreso de entre 1.085 y 1.220 alcanzarían para dejar el VAN en cero y generar una tasa de retorno mínima acepetable de 10%.

Asumiendo que el factor multiplicador de la actividad agrícola debido al encadenamiento productivo pudiera dar cuenta de ese factor, los proyectos resultarían aceptables desde un punto de vista eficiencia económica global.

En relación con el Plan GIRH, las medidas de embalse de cabecera, tecnificación y revestimiento de canales son necesidades muy sentidas por la población agrícola. Sin embargo, es necesario tener conciencia de que no son rentables. Para el revestimiento y la tecnificación, no es una razón para dejarlos fuera del Plan, pero explica que, en general, son medidas que sólo se implementan con aportes de los subsidios estatales. En cuanto al embalse de cabecera, sería claramente no rentable, y no exigible por el Plan GIRH. Sin embargo, al menos su estudio formal está comprometido en el Acuerdo de Salamanca.

11.5 EVALUACIÓN SOCIAL DE LAS ACCIONES DEL PLAN

La Evaluación Social de Proyectos, entendida bajo la visión de costo-eficiencia o costo-efectividad, no es una alternativas metodológicas que pueda satisfacer los requerimientos de evaluación en el corto plazo del Plan de Gestión Integrada del Recurso Hídrico Choapa (PGIRH Choapa), dado los objetivos de éste, la disponibilidad actual de información y el tiempo que requieren los procedimientos correspondientes.

Por lo anterior, se realizó un análisis de coherencia estratégica basado en MIDEPLAN (2000) que propone un análisis de coherencia externa e interna como criterio de evaluación de instrumentos de planificación y programas sociales.

Además, esta metodología permite evaluar programas sociales y entregar información de mejor calidad para las decisiones sectoriales y de inversión que año a año debe tomar la administración.

El análisis de coherencia de un programa adquiere dos dimensiones: interna y externa. La evaluación de coherencia externa del PGIRH Choapa analiza la relación entre los diferentes contenidos del diseño de este Plan con elementos externos como los siguientes, entre muchos otros.

- Estrategia Regional de Desarrollo
- Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico 2012-2021
- Plan Maestro de Recursos Hídricos de la Región de Coquimbo
- Plan Estratégico para enfrentar la Escases Hídrica 2015-2025.

Esta evaluación permite percibir el nivel de coordinación del PGIRH Choapa con otras iniciativas, y evitar la duplicación innecesaria de esfuerzos. Con el fin de asegurar la coherencia externa, los objetivos de estos planes vigentes en la cuenca, se consideraron en el diseño del PGIRH Choapa.

De esta manera, el PGIRH Choapa es coherente con políticas sociales específicas y generales que orientan la acción pública en gestión de los recursos hídricos en la Región de Coquimbo. Más aún, éste se inserta adecuadamente en el conjunto de la oferta pública, extra e intra-institucional, al analizar los vínculos del PGIRH Choapa con las estrategias de gestión del recurso hídrico. De hecho, el fin del PGIRH Choapa contribuye al logro de los objetivos estratégicos de largo plazo para la gestión de los recursos hídricos en la Región de Coquimbo. Por lo anterior, se valida la coherencia externa del PGIRH Choapa.

Por otro lado, la coherencia interna es una evaluación del grado de coherencia lógica entre los distintos elementos centrales que componen el diseño, tanto en su eje vertical (actividades, productos, propósito y fin) como horizontal (indicadores, metas, fuentes de verificación y supuestos). Para este análisis se utilizó el Enfoque de la Matriz de Marco Lógico. El Marco Lógico es una herramienta que permite examinar de forma sistemática y lógica los objetivos del PGIRGH Choapa y sus relaciones de causalidad entre las dimensiones del PGIRH Choapa, su propósito y su finalidad.

El PGIRH Choapa tiene como finalidad contribuir, en el largo plazo, a la seguridad hídrica y la paz social. Esto significa, que debe contribuir eficaz y eficientemente al desarrollo sustentable de la Región de Coquimbo a través de la gestión de integrada del recurso hídrico para satisfacer las necesidades productivas, sociales y ambientales. Esta finalidad es la visión estratégica establecida en el Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico 2012-2021, el cual se hace cargo de los objetivos de largo plazo de la Estrategia Regional de Desarrollo 2020, que tienen relación directa con el recurso hídrico.

Con el objeto de contribuir a esta finalidad, el PGIRH tiene como propósito lograr la seguridad hídrica, considerando el agua potable y saneamiento, los aspectos productivos, sociales, ambientales, y de gestión de riesgos. En base a este propósito y el diagnóstico de los RRHH en la cuenca, el PGIRH Choapa propone cinco (5) dimensiones relevantes y prioritarias relacionados con la seguridad hídrica en la cuenca del Choapa

Dimensión 1: Acceso a Agua Potable y Saneamiento (Urbano y Rural)
Dimensión 2: Seguridad Hídrica Económica: Agrícola y Minera
Dimensión 3: Calidad, conservación y preservación de los recursos hídricos en las fuentes
Dimensión 4: Eventos extremos: inundaciones y sequías
Dimensión 5: Paz Social en gestión de los RRHH

Para cada dimensión se establecieron metas concretas con los partícipes, que se llamaron resultados esperados.

Con el fin de lograr las metas de cada dimensión, el PGIRH Choapa propone una estrategia de acción. La estrategia de acción se enmarca dentro de un contexto institucional y en un margen temporal.

De lo anterior, se valida la coherencia interna del PGIRH Choapa.

12 EXPLORACIÓN MODELACIÓN DE CALIDAD DE AGUAS CON WEAP

Igualmente como producto adicional a lo solicitado en las bases, el consultor propuso explorar y evaluar el módulo de calidad del programa WEAP a través de su aplicación en la cuenca del río Choapa.

Los resultados esperados de este análisis son:

- presentación de las potencialidades de WEAP para modelar calidad de aguas
- disponibilidad de datos de calidad de aguas en la cuenca del río Choapa
- selección de variables relevantes para modelar en la cuenca del río Choapa y método para modelar
- implementación del modelo de calidad para las variables seleccionadas
- análisis de los resultados de la simulación de calidad

En base al análisis realizado, se formulan conclusiones acerca de las potencialidades y limitaciones de WEAP para modelar calidad y se entregan recomendaciones para su uso, extracción e interpretación de resultados.

12.1 PUBLICACIONES DISPONIBLES

El módulo de calidad del modelo WEAP no tiene aplicación conocida en Chile aún.

A partir del catálogo disponible en la página oficial del software (www.weap21.org), se han encontrado 5 publicaciones que abordan el tema de modelación de calidad con WEAP en las cuencas de:

- río la Vieja, Colombia, el año 2016
- río Buffalo, Sud África, en el año 2011
- río Litani, Líbano, en los años 2006 y 2008

Las referencias completas se encuentran en el Anexo Capítulo 12.1, junto con una breve reseña y las conclusiones de interés respecto del desempeño del modelo de calidad de WEAP en cada uno de estos ejemplos concretos.

12.2 MODELOS DE CALIDAD DISPONIBLES DENTRO DE WEAP

El programa WEAP incluye diferentes herramientas para simular la calidad de agua.

Permite ingresar fuentes de contaminantes puntuales correspondientes por ejemplo a un sitio de demanda (zona de riego por ejemplo) o a la descarga de una planta de aguas servidas para luego simular la calidad de agua a lo largo de la red de drenaje superficial modelada.

WEAP permite modelar hasta 20 variables, seleccionando uno de los 5 siguientes métodos de modelación:

- Sustancia conservativa:
  No hay decaimiento de la sustancia, la concentración en cada tramo se obtiene a través de un balance de masa calculado en base a las concentraciones afluentes y sus respectivos caudales. Cualquier parámetro conservativo se puede modelar de esta manera como es el caso de los siguientes parámetros: aluminio, arsénico, boro, cianuro, cloruros, cobalto, cobre, hierro, litio, magnesio, mercurio, níquel, plomo, sodio, sulfatos y zinc.

- Decaimiento de primer orden:
  La concentración se reduce siguiendo una ley de decaimiento exponencial como ocurre con los coliformes fecales.

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):
  WEAP incluye un modelo para calcular la evolución de la DBO a lo largo de un río. Este modelo necesita como dato de entrada la temperatura del agua, que puede ser especificada por el usuario en cada tramo o bien calculada por WEAP en forma sencilla y/o en base a datos climáticos ingresados (temperatura del aire, humedad, viento y latitud).

- Oxígeno Disuelto:
  WEAP incluye un modelo de simulación de la concentración de oxígeno disuelto a lo largo de un cuerpo de agua lineal superficial. Necesita como dato de entrada el valor de DBO y la constante de reoxigenación en el tramo considerado. La constante de reoxigenación se puede estimar a partir de la geometría del curso de agua y el grado de mezcla del flujo, asociado a su velocidad.

- Calculado en QUAL2K:
  WEAP se puede vincular de forma interactiva con el modelo de calidad de aguas QUAL2K de la Environmental Protection Agency (EPA) de Estados Unidos. Para cada paso de tiempo, WEAP manda a QUAL2K los caudales simulados en cada tramo de río y recibe luego de QUAL2K el valor de la variable de calidad de agua modelada en cada tramo. Todos los resultados se pueden finalmente visualizar en la interfaz gráfica de presentación de resultados de WEAP.

WEAP sólo permite modelar la calidad de las aguas superficiales corrientes. No permite modelar la calidad del agua en los embalses ni en los acuíferos.

12.3 DATOS DE CALIDAD DISPONIBLES EN LA CUENCA DEL CHOAPA

Los datos de calidad de las aguas superficiales de la cuenca del Choapa en su mayoría corresponden a datos del BNA de la DGA, son datos instantáneos de muestras puntuales simples. En el informe de diagnóstico de este estudio se presentan los años de vigencia de cada estación. En este informe se analizan los datos de estaciones de calidad superficiales vigentes a partir de 1990. Los parámetros, frecuencia, y número de mediciones por estación se detallan en las tablas de disponibilidad de datos sobre parámetros físico-químicos del Anexo Capítulo 12.3.

En todas las estaciones se realiza seguimiento de los mismos parámetros, lo que varía es su frecuencia de medición, incluso durante el año. Para cada parámetro, en el mejor de los casos se puede encontrar un registro de 4 mediciones al año.

El barrido de la cuenca durante una campaña toma varios días, incluso semanas. Por esta razón, la fecha del monitoreo no se mantiene para una campaña a lo largo de todo el río, que sería lo deseable.

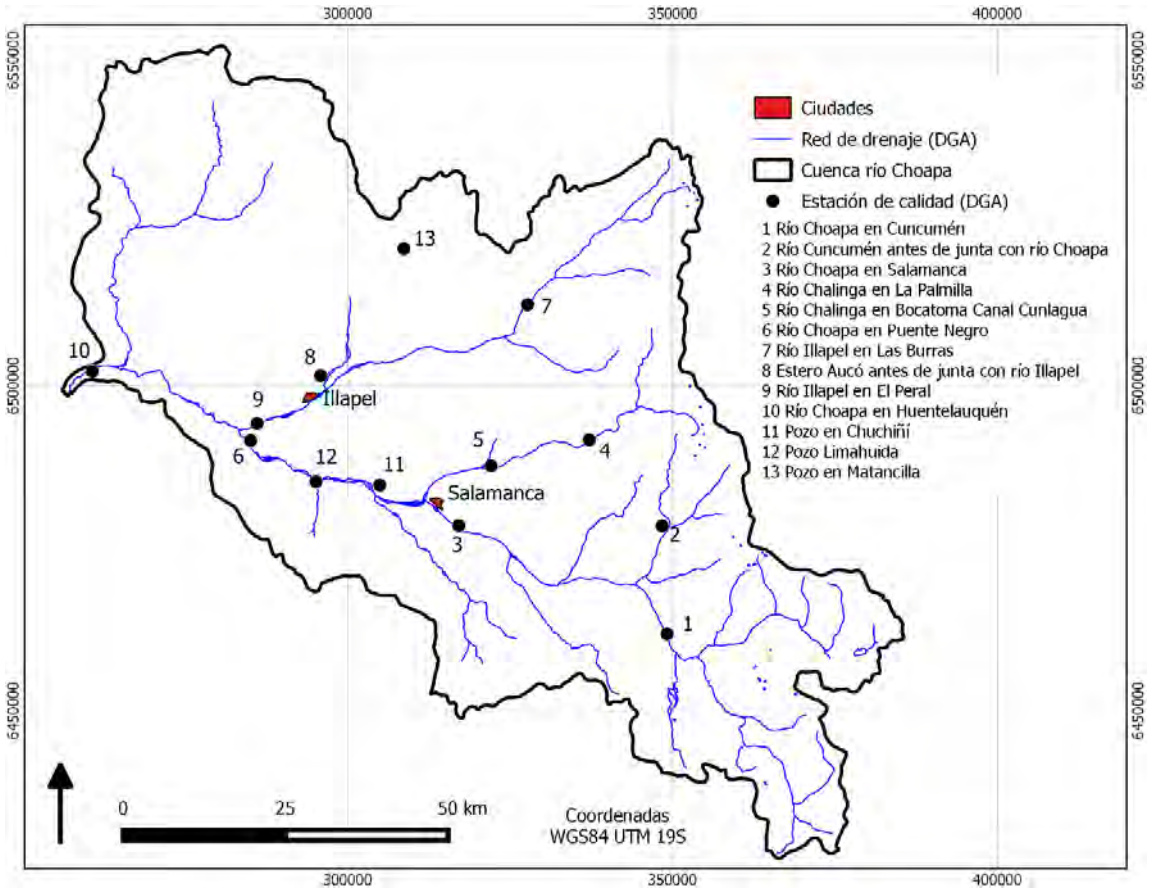
No hay registros de estaciones de monitoreo inmediatamente bajo confluencia de ríos y esteros, sino que aguas arriba de las confluencias.

La Figura 12.3-1 muestra las estaciones superficiales de la DGA, numeradas como sigue:

1. Río Choapa en Cuncumén
2. Río Cuncumén antes de junta con río Choapa
3. Río Chalinga en La Palmilla
4. Río Chalinga en Bocatoma Canal Cunlagua
5. Río Choapa en Salamanca
6. Río Choapa en Puente Negro
7. Río Illapel en Las Burras
8. Estero Aucó antes de junta con río Illapel
9. Río Illapel en El Peral
10. Río Choapa en Huentelauquén

Las estaciones 11, 12 y 13 son de calidad subterránea y no entran en esta modelación.

Figura 12.3-1 Estaciones vigentes superficiales de calidad de aguas de la DGA



Otras fuentes de información, que han sido consideradas en el presente estudio, son las siguientes:

- Proyecto INIA-INNOVA Desarrollo de un modelo de gestión integral para el resguardo de las aguas de las cuencas de Huasco, Limarí y Choapa", 9 campañas de monitoreo entre 2007 y 2009 (una en cada estación del año), con 56 parámetros medidos en las 10 estaciones superficiales de calidad de la DGA, y un total de 5.040 datos.

- Proyecto Seguimiento Ambiental Integral, de la Junta de Vigilancia del río Choapa. 21 campañas de monitoreo entre 2011 y 2016 (una en cada estación del año), con 35 parámetros medidos en 7 estaciones superficiales de calidad de la DGA, y un total de 5.145 datos.

- Programa de "Seguimiento y Monitoreo Ambiental del Recurso Hídrico, en lo referente a la Calidad de las Aguas del Embalse Corrales y sus Afluentes" 2007-2016, realizado por la Universidad de La Serena para la DOH. 53 parámetros se midieron en 7 estaciones, durante 28 campañas de monitoreo anual, con un total de 10.388 datos.

Los resultados de iniciativas de monitoreo de autocontrol, como datos de autocontrol de la Compañía Pisquera de Chile en Salamanca (pH, temperatura, caudal, DBO5, fósforo, nitrógeno total, coliformes fecales) y de las plantas de tratamiento de aguas servidas de Salamanca, Illapel, Canela Alta y Canela Baja (coliformes fecales, pH, temperatura, aceites y grasas, caudal DBO5, fósforo, nitrógeno total, poder espumógeno, sólidos suspendidos totales), no fueron tomados en cuenta debido a que no incluyen los parámetros con que se está trabajando el aspecto WEAP-calidad.

Para modelamiento de calidad en el programa WEAP, se requiere de datos promedio mensuales, que idealmente debieran corresponder a promedios de mediciones continuas en el tiempo, igual que los caudales. La base de datos de la DGA, complementada por otras fuentes, sólo tiene datos puntuales, por lo general 4 veces al año, como se observa en las Tablas 1 a 7 del Anexo Capítulo 12.3.

Se observa, por lo tanto, una primera limitación importante para usar el modelo WEAP para resolver aspectos de calidad: se requieren valores promedio sobre el período de modelación, ya sea diario, mensual, etc. Los datos puntuales tienen un valor restringido.

12.4 APLICACIÓN DEL MODELO DE CALIDAD

12.4.1 Selección de variables a modelar

Una vez analizadas las bases de datos disponibles de la cuenca del Choapa, en base al diagnóstico obtenido en de la revisión de antecedentes bibliográficos, condición de parámetros que se hayan presentado sobre NCh 1333 en forma repetida y consenso del equipo de trabajo del presente estudio, se seleccionaron 2 variables a modelar, conductividad y aluminio.

Conductividad: la conductividad es un reflejo de la salinidad total, en especial de las concentraciones de sulfatos y cloruros, que aumentan al descender en una cuenca

hidrográfica. La cuenca del río Choapa no es una excepción y este parámetro experimenta incrementos a lo largo del curso del río del mismo nombre. Por otro lado es uno de los parámetros que cuenta con mayor número de datos.

Aluminio: el aluminio es un metal no esencial, tóxico, presente en la parte alta de la cuenca por su hidroquímica natural. Es movido aguas abajo por escorrentía, y también presenta escenarios de concentración a menor caudal. Se encuentra en equilibrio con el sedimento del río, pero una variación de las condiciones del medio provoca cambios en su concentración en el agua. La DGA dejó de medir este parámetro a comienzos del 2015, pero en la base de datos del programa SAI se aprecia un leve aumento en las concentraciones, por lo que se seleccionó para ser modelado.

Cobre: se descartó la modelación de cobre, debido a que se puede apreciar que no es un componente natural aportado en forma importante por el sistema hídrico del río Choapa, sino que su presencia, detectada especialmente entre 2000 y 2004, se debe a la acción antropogénica en el río Cuncumén. También se puede observar que esta acción ha sido controlada a partir del año 2005 aproximadamente, y que posteriormente no se han registrado eventos que superen la norma.

Finalmente se optó por modelar Aluminio y Conductividad con WEAP.

12.4.2 Relleno de datos mensuales

Para poder correr el modelo WEAP, se hizo el ejercicio de rellenar una serie entre los años 2000-2016, con datos mensuales.

Para ello, en primer lugar se aplicó una metodología de relleno de datos, que permitió generar un dato para cada mes durante todo el período de simulación. Esta metodología se presenta en el Anexo Capítulo 12.4.2.

También hubo que estimar datos para las variables no medidas, esto es, derrames, afloramientos y agua de los embalses.

Los datos rellenados se presentan en el Anexo Capítulo 12.4.

12.4.3 Aplicación del modelo de calidad para las variables seleccionadas

En el Anexo Capítulo 12.4.3 se presenta la forma en que se crea una nueva variable a modelar dentro de WEAP, la forma en que se ingresan los datos de entrada, y el detalle de los resultados.

A continuación se muestran los resultados generales obtenidos en la modelación, para los parámetros de Aluminio y Conductividad, y las conclusiones del análisis.

a) Resultados de la simulación para la variable Aluminio

Como uno de los principales resultados, en las Figuras 12.4-1, 12.4-2 y 12.4-3 a continuación, se muestran perfiles longitudinales de concentración de Aluminio en los ríos Choapa, Chalinga e Illapel, para diferentes momentos.

Se observa la forma en que el modelo de calidad, al incorporar caudales afluentes al cauce principal, logra modelar una dilución del Aluminio hacia aguas abajo.

Los valores simulados para una situación "base", que se puede explicar por la dilución del Aluminio aportado por la cuenca de cabecera, son adecuados. Sin embargo, no quedan bien representados los valores más altos correspondientes a eventos.

Esto se debe a que las series mensuales se establecieron a partir de valores que muchas veces tienen un sentido "instantáneo" ya que son generados a partir de un muestreo puntual. No representan un valor promedio del período de modelación (mes).

Figura 12.4-1 Río Choapa: perfil longitudinal de concentración en Aluminio simulada y observada, en cuatro fechas

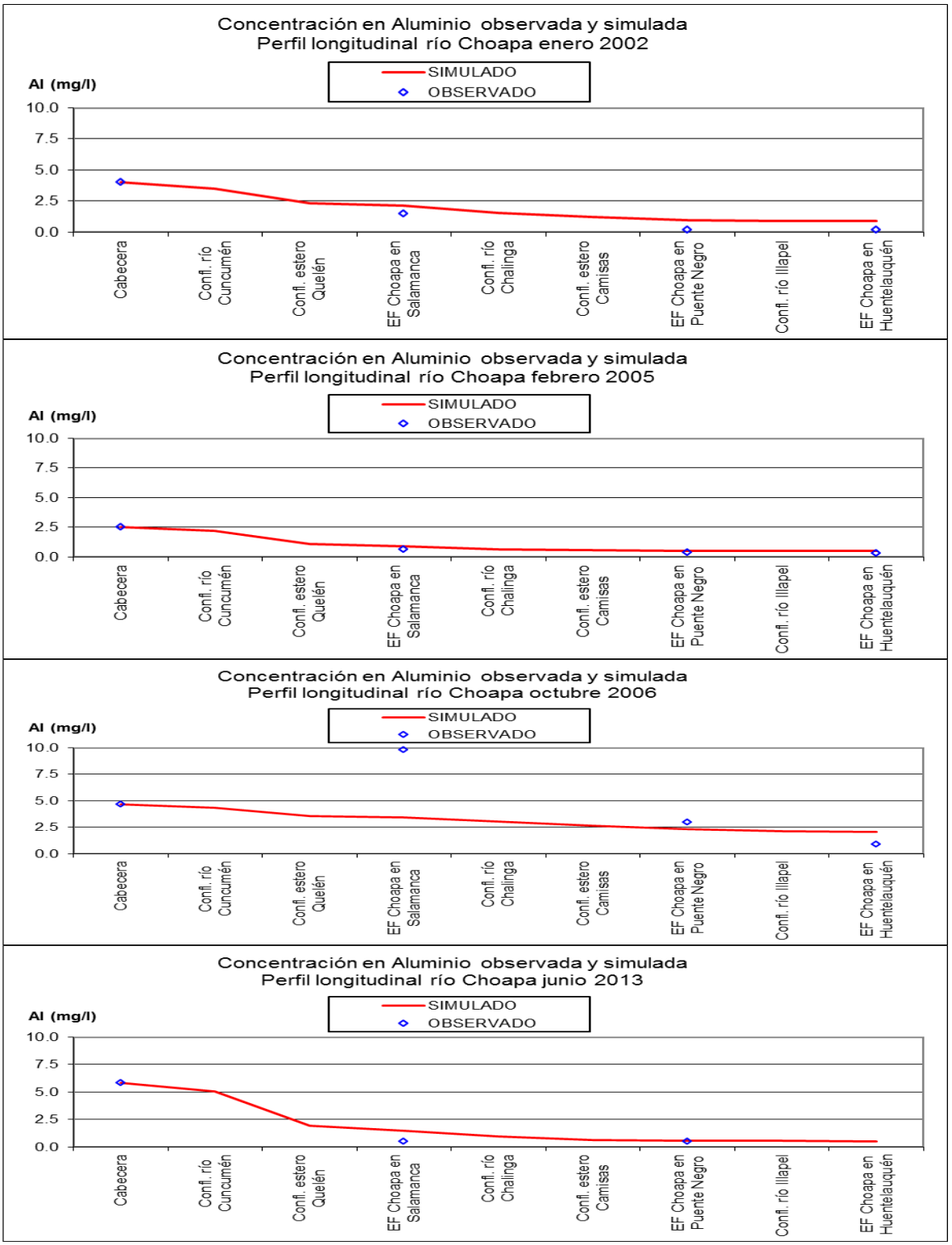


Figura 12.4-2 Río Chalinga: perfil longitudinal de concentración en Aluminio simulada y observada

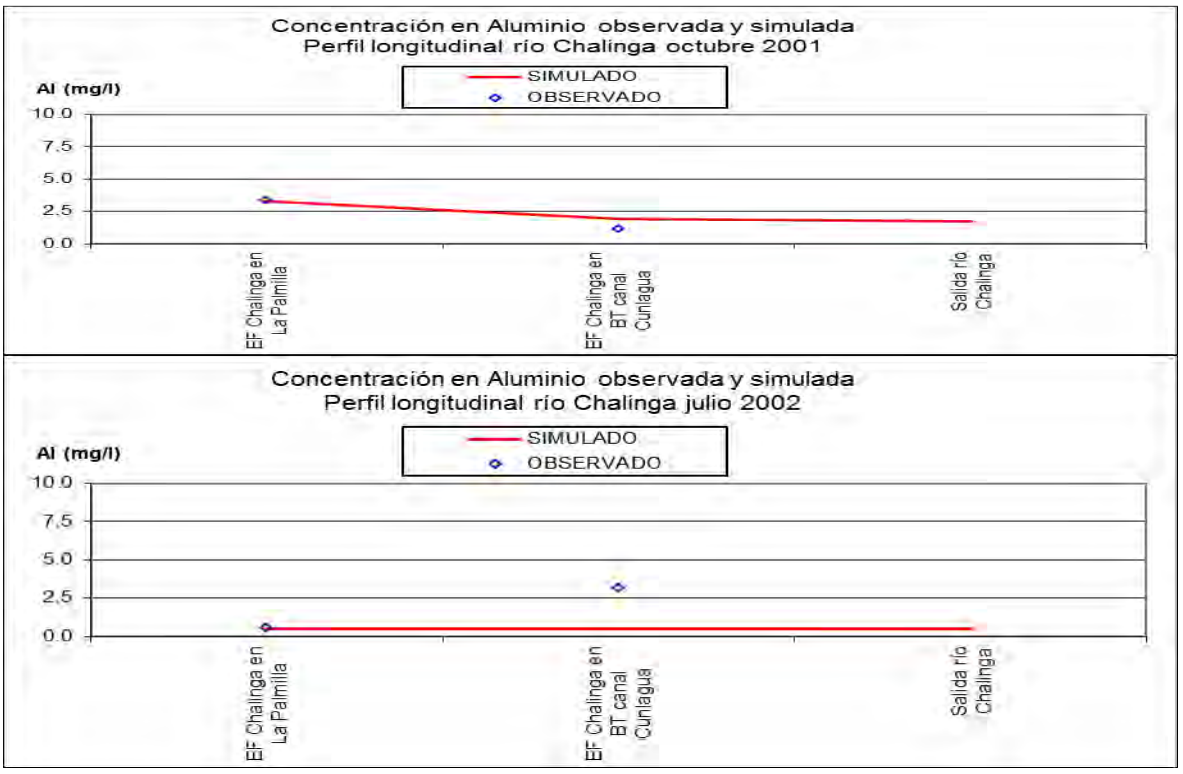
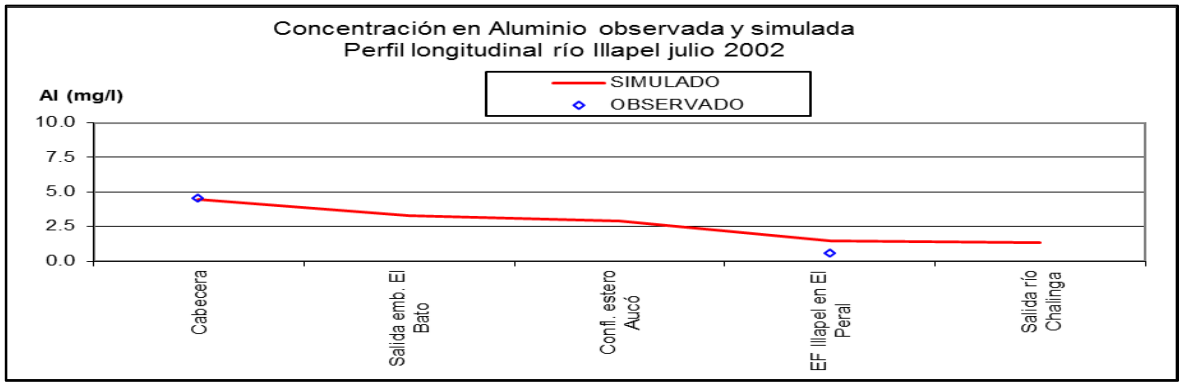


Figura 12.4-3 Río Illapel: perfil longitudinal de concentración en Aluminio simulada y observada



En conclusión, en la situación actual y con los datos disponibles, WEAP es capaz de representar la situación "base" del río pero no representa adecuadamente los eventos de concentración alta.

Una modelación adecuada de estos eventos sería posible cumpliendo las siguientes 2 condiciones:

- disponibilidad de datos representativos de un mismo periodo (día, semana, mes) simultáneamente a lo largo del río
- adecuación del paso de tiempo de simulación al periodo representativo de las mediciones (día, semana, mes) o recíprocamente

b) Resultados de la simulación para la variable Conductividad Específica

A continuación se muestran la series simuladas y observadas en las estaciones de monitoreo de los ríos Choapa, Chalinga e Illapel para la variable Conductividad Específica.

A partir de las Figuras 12.4-4 a 12.4-6 se observa que el modelo no es capaz de simular la incorporación de sales que se produce a lo largo de los ríos. Especialmente, se observa que:

- en las estaciones de cabecera, la CE es relativamente estable en el tiempo (alrededor de los 200 µS/cm) con un leve aumento en el último periodo de sequía (2011-2015)
- en los 3 ríos modelados, se observa que la CE va aumentando hacia aguas abajo, al contrario de lo que ocurre con el Aluminio, mostrando un aumento más pronunciado aún en el último periodo de sequía (2011-2015)
- la simulación con WEAP no reproduce estas tendencias observadas: se estabiliza en torno al valor de 200 µS/cm que es el valor con que se caracterizaron los diferentes aportes al río
- en el caso del río Illapel, se observa el efecto de regulación del embalse el Bato sobre los caudales. Esta regulación induce un comportamiento más uniforme de la CE en la estación Illapel en El Peral, en comparación con el período anterior.

Figura 12.4-4 Río Choapa: Conductividad Específica simulada y observada en estaciones de monitoreo de calidad

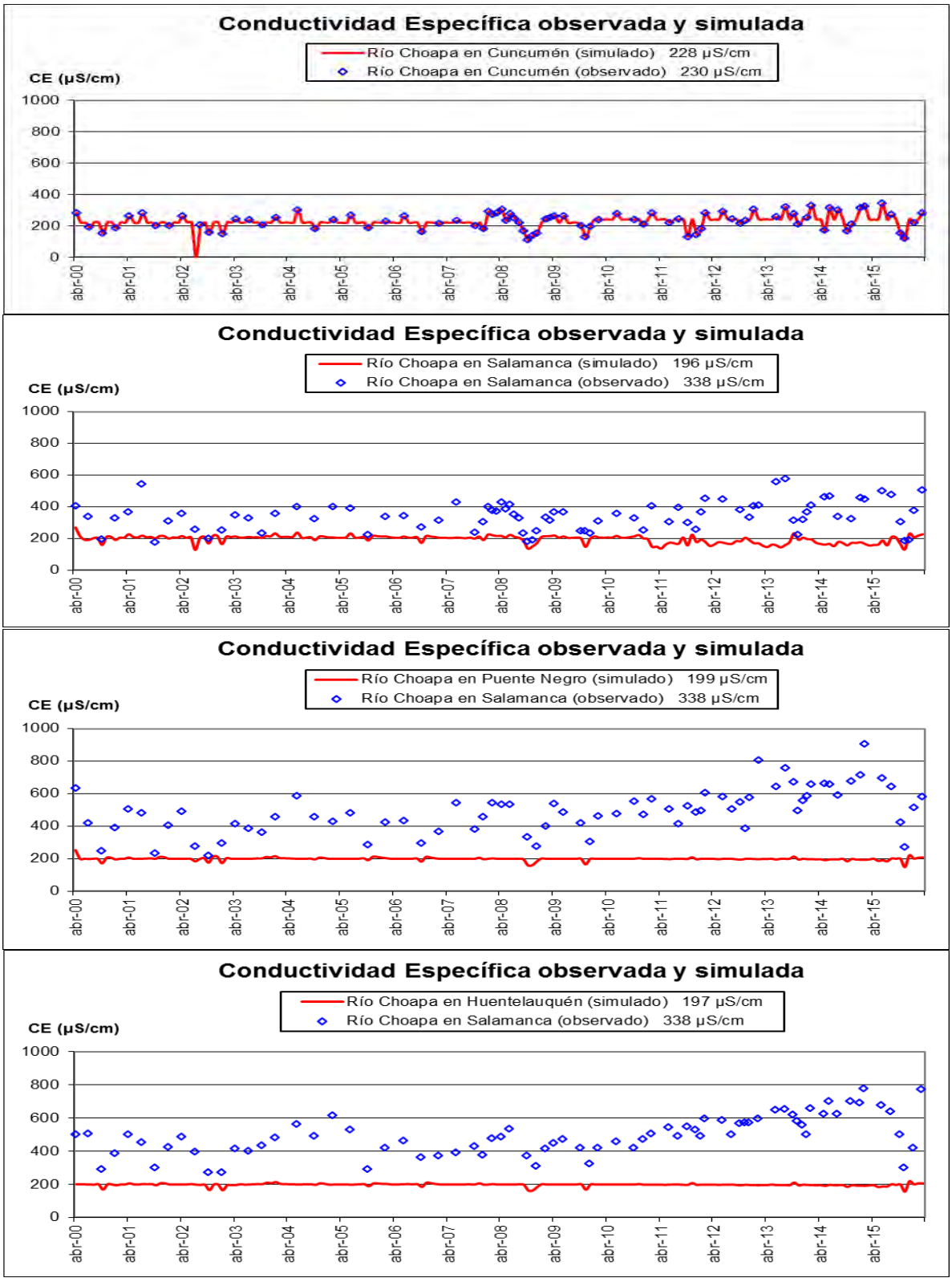


Figura 12.4-5 Río Chalinga: Conductividad Específica simulada y observada en estaciones de monioreo de calidad

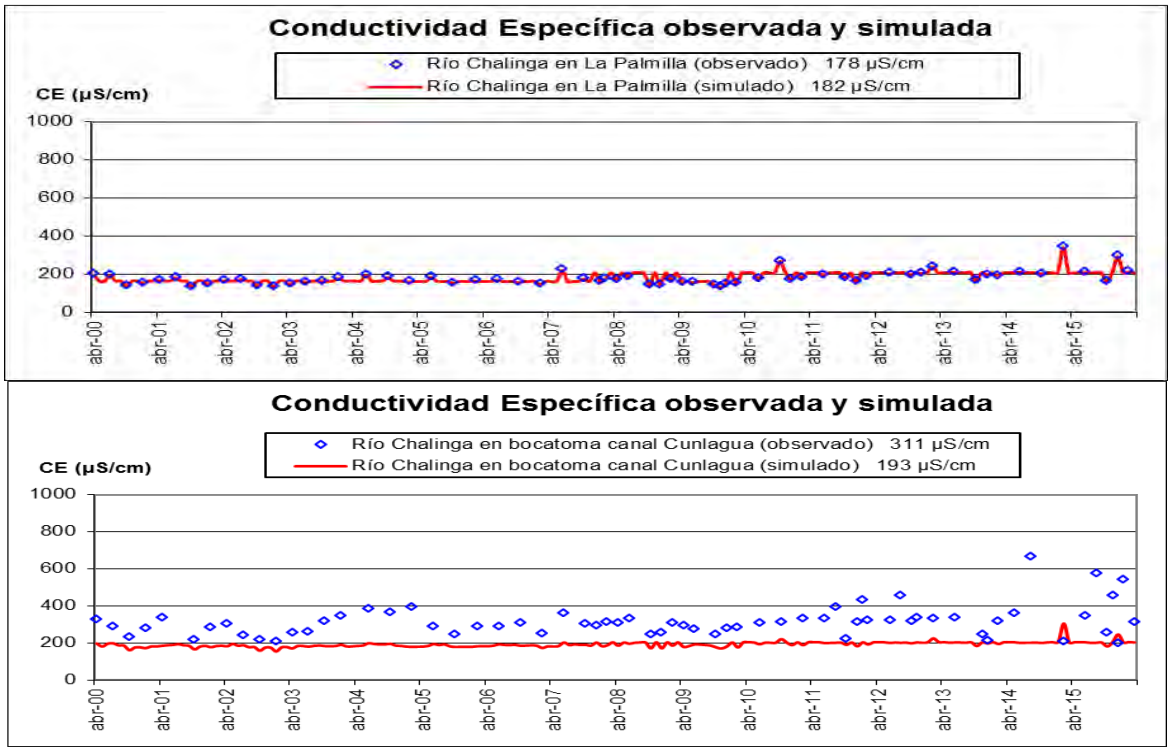
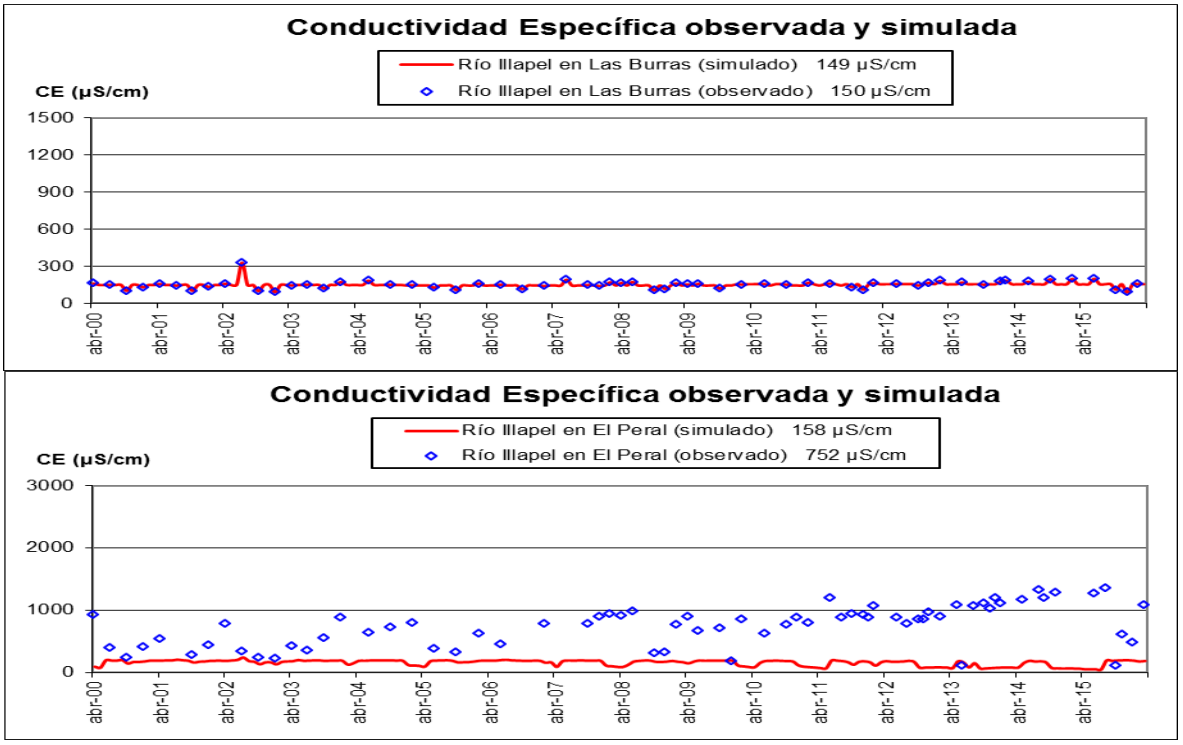


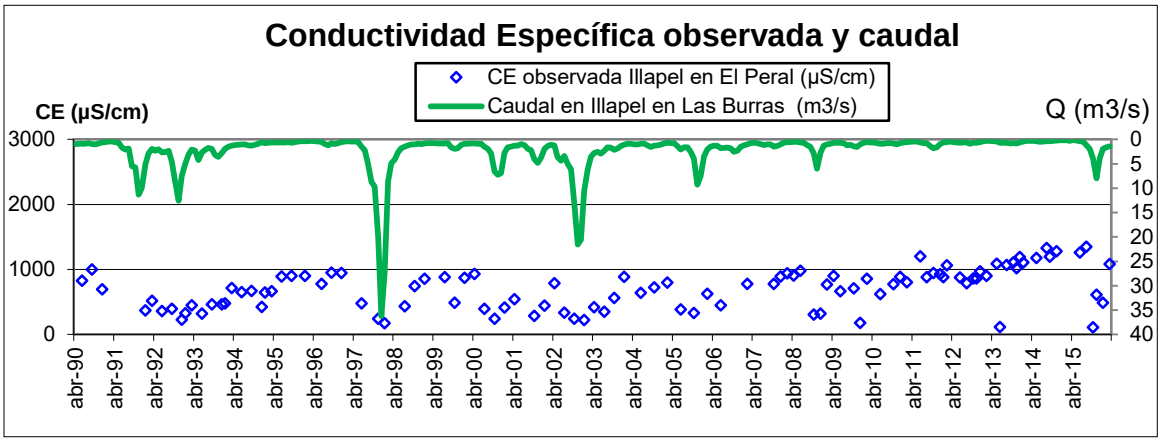
Figura 12.4-6 Río Illapel: Conductividad Específica simulada y observada en estaciones de monitoreo de calidad



De estos gráficos, se puede concluir que el modelo de mezcla de WEAP no es adecuado para modelar el comportamiento de la variable CE en los ríos Choapa, Chalinga e Illapel, porque no considera incorporación de sales a lo largo del trayecto de los ríos.

Un análisis de la conductividad en función del caudal entregó el resultado de la Figura 12.4-7 adjunta, donde se aprecia que la relación entre ambos es inversa:

Figura 12.4-7 Relación entre conductividad específica en Illapel en El Peral y caudal en Illapel en Las Burras



A modo tentativo, se simuló esta condición de aporte constante de iones en el río Illapel en una planilla Excel logrando reproducir satisfactoriamente la señal de CE observada en Illapel en El Peral, en base a un modelo sencillo de 2 parámetros (Ec. 12.4-1):

$$CE\ [\mu S/cm] = A\ /\ (\ Q\ [m3/s] + B\ ) \qquad \text{Ec. 12.4-1}$$

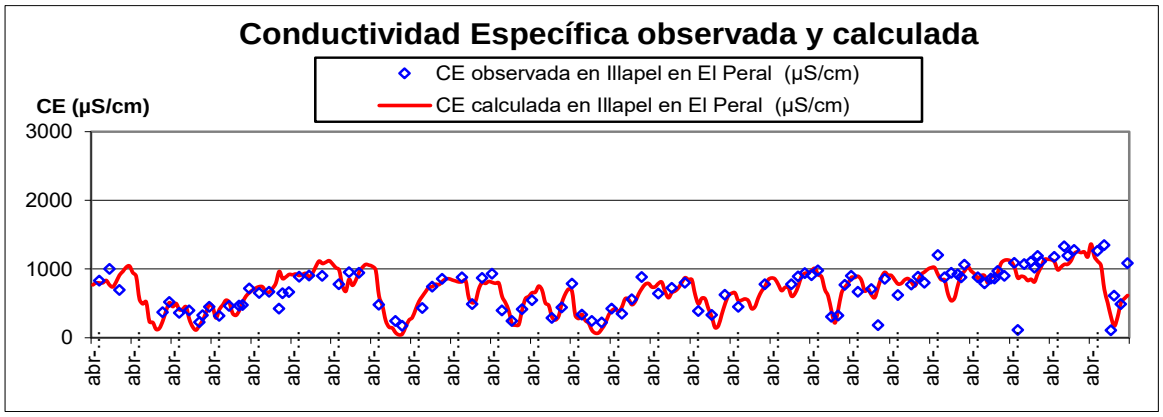
Donde:

- CE es la conductividad específica simulada en Illapel en El Peral expresada en µS/cm
- Q es el caudal observado en Las Burras en m3/s
- A representa el aporte másico de iones expresado en µS/cm x m3/s
- B representa un caudal que se suma al caudal observado en Las Burras, en m3/s

Esta sencilla formulación de la conductividad en función del caudal se explica por el hecho de que la conductividad es el reflejo de iones solubles (sulfatos y cloruros), cuya cantidad en masa se mantiene relativamente constante. A mayor caudal se hace menor su concentración, y por lo tanto menor la conductividad, y a menor caudal se hace mayor su concentración, y por lo tanto mayor la conductividad.

En la siguiente Figura 12.4-8 se aprecia que de esta forma sencilla, en Excel, es posible representar adecuadamente la forma en que se comporta la conductividad en estos ríos.

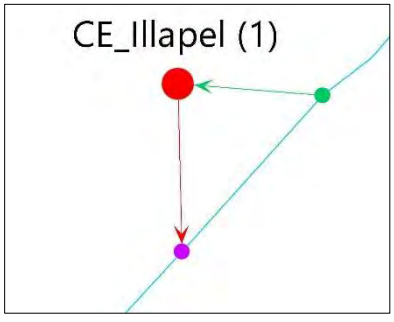
Figura 12.4-8 Río Illapel: Conductividad Específica simulada en planilla Excel (A=1500, B = 1)



Este resultado abre la perspectiva de poder mejorar la modelación de WEAP, agregando elementos que simulen el aporte de una masa constante de iones a partir de la cuenca. Sin embargo, el modelo WEAP provee posibilidades muy limitadas de ingresar contaminantes en forma másica, sólo a través de los objetos Demand Site y Catchment. En todos los demás objetos, la calidad se caracteriza a través de concentraciones asociadas a un caudal.

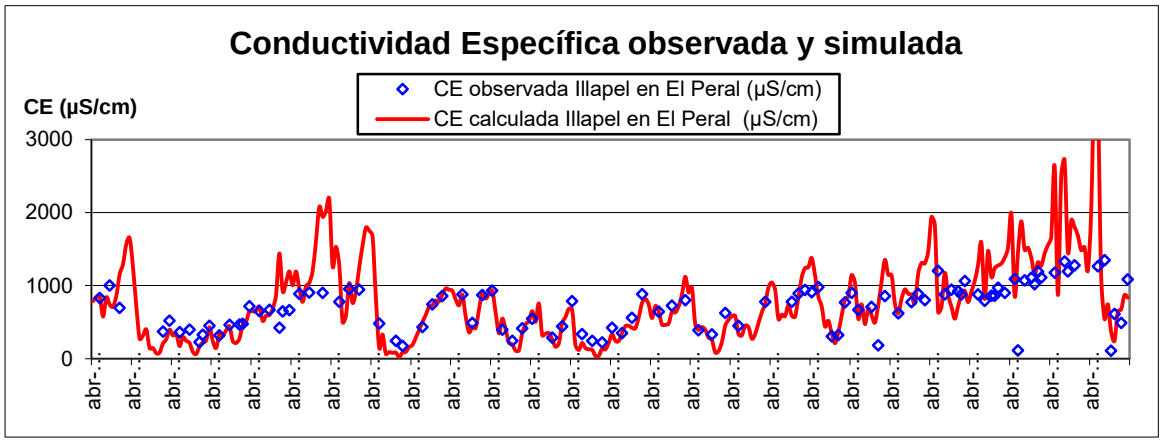
Después de explorar en detalle todas las posibilidades propuestas por el modelo y de consultar con el equipo desarrollador del modelo en el SEI (Stephanie Galaitsi), se exploró la posibilidad de modelar un aporte constante a través de un artificio de modelación, usando un objeto del tipo Demand Site según muestra la siguiente Figura 12.4-9.

Figura 12.4-9 Modelación de aporte de contaminantes en masa en WEAP (artificio)



Los resultados obtenidos para la simulación de CE en Illapel en El Peral se muestran en la Figura 12.4-10 a continuación.

Figura 12.4-10 Río Illapel en El Peral: Conductividad Específica simulada con WEAP (A′=50000000)



Se observan resultados similares al modelo sencillo anterior de 1 parámetro (B=0), pero el modelo genera máximos de CE no realistas en los periodos de estiajes. Esto no se puede corregir en WEAP debido a que el aporte en masa sólo se puede caracterizar a nivel anual (no se puede incorporar una variación mensual de este aporte).

El último paso de esta exploración de los modelos de calidad de WEAP consistió en incorporar el artificio de modelación (incorporación de sitio contaminante) en el modelo WEAP-Choapa completo. Después de múltiples intentos no se logró calibrar la variable CE en Illapel en El Peral, probablemente debido a las múltiples interferencias de otras aguas con el agua del río, las cuales no están consideradas en los modelos sencillos antes expuestos (Excel y WEAP), como:

- extracción hacia los canales
- devolución de canales y derrames de riego hacia el río
- afloramientos de los acuíferos

Como conclusión de este análisis, se puede decir que con un modelo sencillo de 1 o 2 parámetros, se ha logrado reproducir el comportamiento de la variable CE en Illapel en El Peral, en función del caudal observado en Illapel en Las Burras, asumiendo que hay un aporte en masa.

Posteriormente, a través de un artificio de modelación, se ha logrado implementar parcialmente este modelo sencillo de aporte en masa a WEAP.

Finalmente, al querer implementar el modelo de aporte en masa en el modelo completo de la cuenca del río Choapa, no se ha podido volver a calibrar adecuadamente la variable CE en la estación Illapel en El Peral.

12.5 ANÁLISIS CRÍTICO DE LA MODELACIÓN DE CALIDAD CON WEAP

La exploración del módulo de calidad de WEAP en la cuenca del río Choapa permite sacar las siguientes conclusiones:

a) Ventajas del modelo WEAP para modelar calidad:

- El módulo de calidad de WEAP tiene la ventaja de ser muy sencillo en su implementación, en comparación a modelos especializados como QUAL2K. Requiere menos información de entrada y pocos parámetros a definir.

- Otra gran ventaja del módulo de calidad de WEAP es su integración en un modelo de gestión cuantitativa, lo cual permite que los modelos de calidad se alimenten dinámicamente de los caudales generados por el modelo WEAP en cada tramo de río y en cada paso de tiempo. De esta forma se pueden evaluar fácilmente medidas de gestión o escenarios de cambio climático por ejemplo, ya que todos los supuestos están integrados en un mismo sistema. La integración interactiva de WEAP con QUAL2K resuelve también esta situación.

- La relativa flexibilidad del modelo WEAP ha permitido modelar un aporte de contaminantes en masa a través de un artificio de modelación, usando el objeto Demand Site.

b) Desventajas del modelo WEAP para modelar calidad:

- El modelo de decaimiento de primer orden incluido en WEAP, admite sólo un parámetro, único para toda la cuenca, lo que no permite caracterizar la variabilidad espacial y temporal de la tasa de decaimiento. Los procesos que afectan las concentraciones de nutrientes en un cauce son múltiples (procesos químicos, sedimentación, consumo por vegetación acuática) y no necesariamente pueden ser representados a través del mismo modelo simple de decaimiento.

- Lo que se requiere para alimentar adecuadamente el modelo en cuanto a calidad, son mediciones continuas, de las que no se dispone, y que son difíciles de generar por relleno, introduciendo incertidumbre en los resultados. Los datos disponibles en la cuenca del río Choapa corresponden a campañas de muestreo puntuales, las cuales caracterizan la calidad del agua en un punto del río en un momento dado. Por ser datos puntuales, con sentido "instantáneo", no son representativos del paso de tiempo mensual. Además los muestreos puntuales por lo general no son simultáneos, por lo cual tampoco permiten determinar la condición del río en un momento específico.

- Otra limitación detectada es la no simulación de la calidad en los embalse, lo que obliga el usuario a hacer supuestos acerca de la calidad del agua de salida de los embalses.

- El modelo necesita que todos los aportes estén caracterizados desde el punto de vista de la calidad. Sin embargo, la mayoría de ellos no cuenta con mediciones de calidad que permita caracterizarlos:

    - aporte de las cuencas intermedias
    - derrames o retornos de riego
    - devolución de plantas de tratamiento de aguas servidas
    - afloramientos
    - entregas desde los embalses

    Su estimación por parte del usuario induce un grado de incertidumbre en los resultados calculados por el modelo.

- Una de las limitaciones detectadas al usar un Demand Site para modelar un aporte de contaminante en masa es el hecho que sólo se puede caracterizar el aporte a nivel anual. No se puede introducir una variación mensual del aporte en masa, lo que impide afinar los resultados.

c) Escasez de datos

- La falta de disponibilidad de datos de calidad observados es un problema detectado para lograr una adecuada representación de la calidad del agua en una cuenca, independiente del modelo usado. Este problema también se menciona en la bibliografía revisada.

- Los muestreos son puntuales, y por lo general no son simultáneos, por lo cual tienen una representación espacial y temporal limitada.

d) Conclusiones generales

Si bien el modelo WEAP ofrece sólo modelos simples de calidad, estos tienen la gran ventaja de ser integrados al modelo hidrológico, lo que permite que se alimenten dinámicamente de los resultados de caudal del modelo hidrológico en cada paso de tiempo.

Las limitaciones detectadas no son sólo propias de los modelos de calidad de WEAP, sino que corresponden más bien a la falta de datos suficientes para poder alimentarlo. Esto implica por parte del modelador la necesidad de generar sintéticamente una gran cantidad de datos, introduciendo por ese hecho una gran incertidumbre en el modelo.

Por otro lado, este análisis permitió detectar que diferentes variables pueden tener evoluciones muy distintas en el espacio y en el tiempo. Es necesario tener claridad acerca de cuáles son los fenómenos más relevantes que explican estas evoluciones, para poder hacer los supuestos adecuados, implementar el modelo de calidad más representativo de los fenómenos identificados y eventualmente adaptarlo para que represente lo mejor posible la realidad observada.

13 DESARROLLO DE PÁGINA WEB Y VISUALIZADOR

Dada la necesidad de mejorar el conocimiento sobre los recursos hídricos de la cuenca del río Choapa, se ha considerado dentro de los elementos importantes para el éxito del PGIRH un instrumento de gestión informático. Este instrumento tiene la forma de una página web, que despliega el conocimiento asociado a los recursos hídricos y el territorio en el área de estudio, permitiendo visualizar la información recopilada y generada en el presente estudio, y representar el estado actual de la cuenca.

Este sitio web tiene como objetivo general, servir como herramienta de apoyo a la toma de decisiones en la cuenca, permitiendo presentar las condiciones de contexto generales y específicas asociados a la cuenca del rio Choapa, tanto en aspectos biofísicos como institucionales vinculados al agua, la temática de la Gestión de Recursos Hídricos, a nivel conceptual como aplicado, así como las distintas consideraciones que deberán tomarse en cuenta respecto al desarrollo de escenarios futuros.

Asimismo, este sitio web se configura como un espacio valioso de información de cara a los actores interesados, al constituir un repositorio importante de estudios y modelos desarrollados, así como información de base disponible. En este aspecto, cobra importancia la implementación de un Visualizador Web, el que permitirá acceder y explorar los resultados del trabajo asociado a los modelos de simulación utilizados en el estudio, evaluar los distintos componentes modelados y sus variables, así como el efecto de distintas acciones sobre el sistema, probados en diferentes escenarios de modelación.

Se destaca el hecho de que una vez alojada la página en su servidor de destino, queda habilitada la función de ubicación que permite ver la propia ubicación del usuario dentro de los mapas del visualizador.

El desarrollo de la página web vinculada al proyecto considera una serie de etapas secuenciales que permiten abordar de buena manera las consideraciones necesarias para su construcción. Las etapas consideradas son:

a) Definición de estructura de contenidos
b) Propuesta de arquitectura y organización gráfica
c) Propuesta de diseño (paleta de colores, logos, etc.)
d) Construcción del sitio (programación)
e) Carga inicial de contenidos
f) Publicación de versión de prueba para revisión
g) Ajustes
h) Publicación final

En lo que respecta a la definición del nombre del sitio Web, este fue acordado en el segundo taller del proyecto realizado en Illapel el día viernes 31 de marzo de 2017 mediante votación directa del grupo de actores. Por acuerdo del grupo se acordó que el nombre del sitio será "GIRHChoapa". A partir de esta decisión, el 25 de abril de 2017 se adquirió el dominio www.girhchoapa.cl por un plazo de un año (fecha de expiración el 25 de abril de 2018).

13.1 DEFINICIÓN DE ESTRUCTURA DE CONTENIDOS

El proceso de definición de la estructura de contenidos buscó plantear alternativas que permitieran dar cumplimiento a los objetivos del sitio antes planteado, en términos de que sirva como repositorio de la información recopilada y sistematizada durante el desarrollo de las actividades, así como de los resultados de los modelos y escenarios considerados, dar seguimiento a los avances del proyecto y las actividades desarrolladas y servir como herramienta de referencia de apoyo a la discusión y a la toma de decisiones para los distintos usuarios de agua de la cuenca.

Tomando como referencia algunos sitios similares y mediante la discusión interna del equipo consultor, se plantearon algunos principios sobre los cuales se sustentan los distintos componentes del sitio:

a) Confianza

En este sentido, es importante dar transparencia sobre aspectos formales del proyecto, financiamiento, actores participantes, equipo consultor, resultados obtenidos, etc.

b) Antecedentes y descripción del problema

Descripción de cómo un grupo de especialistas bajo ciertos elementos de contexto particulares de la cuenca del Choapa, se aproximan a la realidad de los recursos hídricos en la cuenca, y cómo se reconocen los distintos actores vinculados a la temática. Es muy relevante la consideración explicita respecto a la variedad de actores considerados, buscando dar valor al hecho de ser un proceso multi-actor amplio.

c) Propuesta de solución

Es necesario ser muy explícito y claro respecto a la solución propuesta al problema descrito, planteando las preguntas sobre ¿Qué?, ¿Por qué?, ¿Cómo? de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) y las aproximaciones metodológicas y/o estrategias a ser usadas la elaboración del plan, poniendo asimismo a disposición el Plan y sus distintos componentes.

d) Repositorio de recursos de consulta

Este sitio se plantea como una herramienta de apoyo a la toma de decisiones, y por tanto, debe contemplar la sistematización y publicación de material de consulta y referencia asociado a la temática.

e) Medio de comunicación y seguimiento

Como parte fundamental de este sitio se considera la sección de "Actividades / Noticias" como un repositorio y lugar de referencia para acciones y actividades realizadas en el proceso, así como herramienta de seguimiento a los avances, actividades y similares asociados al proyecto.

A partir de estos principios, la estructura de contenidos del sitio, mostrada en el Anexo Capítulo 13.1, es:

- Inicio
    - Propuesta de valor
    - Noticias
    - Agenda
    - Contacto

- Descripción del Proyecto
    - Presentación del proyecto
        - Descripción
        - Misión
        - Visión
    - Objetivos
    - Resultados esperados
    - Equipo Consultor

- Nuestra Cuenca
    - La cuenca del río Choapa
    - Actores del Agua
        - Público
        - Privado
        - Sociedad Civil
        - Academia
    - Situación actual de los recursos hídricos
    - Escenarios futuros para la cuenca

- Un Plan de GIRH para el Choapa
    - ¿Qué es la Gestión Integrada de Recursos Hídricos?
        - ¿Por qué es importante una GIRH?
        - La GIRH en Chile y en la IV región
        - Gobernanza
        - ¿Cómo lo logramos? Metodología de trabajo
    - El Plan
        - Acciones
        - Seguimiento

- Biblioteca del agua del Choapa
    - Fichas de estudios
    - Mapas Temáticos
    - Descarga de información de base
    - Glosario del agua
    - Links de interés

- Agenda

- Noticias

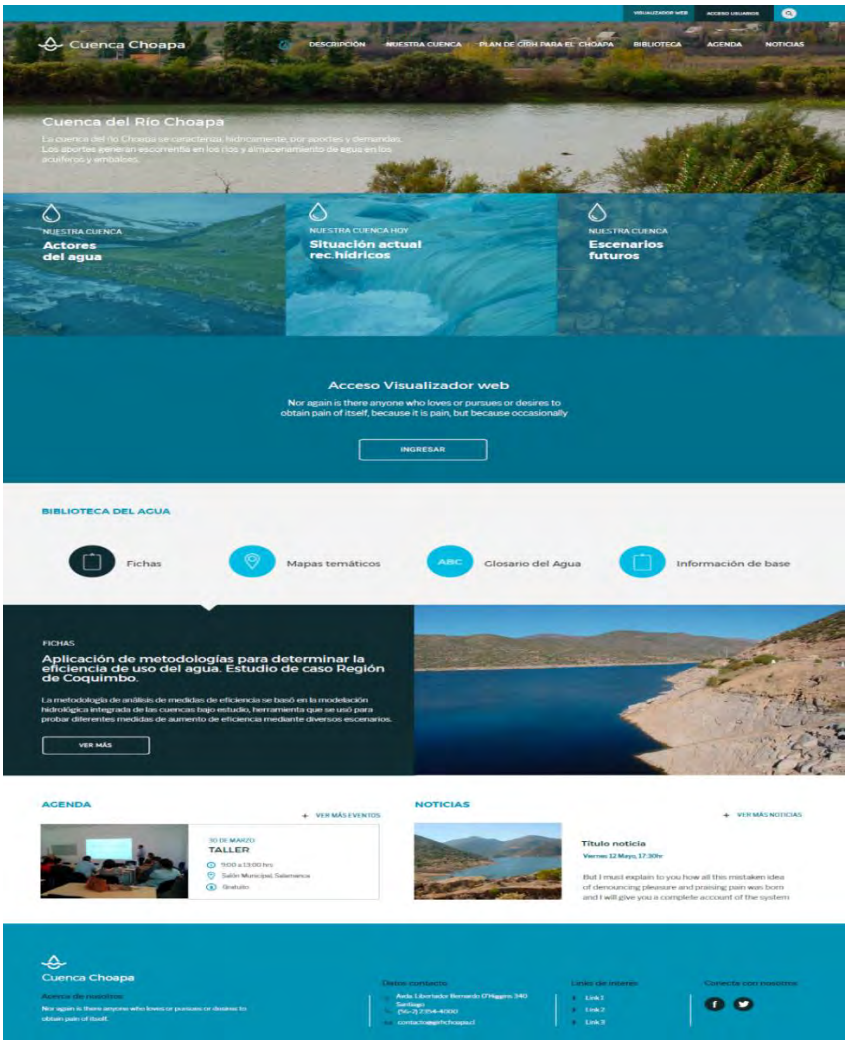
13.2 PROPUESTA DE ARQUITECTURA Y DISEÑO

Luego de acordar la estructura de contenidos, se avanzó en generar una primera propuesta de estructura gráfica del sitio, respondiendo a las necesidades arriba planteadas, respecto a simpleza, facilidad de uso y navegación, así como también el que permita dar valor al proceso desarrollado.

En la siguiente Figura se presenta la propuesta de estructura y diseño para la página de inicio del sitio. En el Anexo Capítulo 13.2 se adjunta el "mockup" o propuesta de estructura y diseño para el inicio y páginas y secciones interiores del sitio, que se muestra también en la Figura 13.2-1.

A partir de esta propuesta, el visualizador se encuentra en etapa de ajuste para, entre otros, dar cumplimiento a requerimientos específicos de la inspección fiscal en término de inclusión de logos institucionales y referencias formales.

Figura 13.2-1 Propuesta de arquitectura y diseño para la página de inicio del sitio web del proyecto



13.3 GENERACIÓN DE CONTENIDOS

13.3.1 Base de datos revisión bibliográfica

Se considera la publicación de 40 fichas de estudios relevantes desarrollados en la cuenca, indicando su título, mandante, ejecutor, año, palabras clave, objetivos, principales resultados y conclusiones. En aquellos en que se encuentra disponible, se pondrá a disposición para descarga el documento final de los estudios, o la referencia bibliográfica según corresponda. Las fichas son las generadas durante la primera etapa del estudio.

13.3.2 Base de datos modelos hidrológicos revisados

También se pondrá a disposición el resultado de la revisión de los modelos desarrollados en algunos de los estudios antes sistematizados, indicando sus características, datos de entrada considerados, escenarios simulados y sus principales resultados.

Junto a la generación de estas fichas y su publicación en el sitio web, se han generado los textos correspondientes a las secciones de descripción del proyecto, antecedentes del problema, así como los aspectos de base asociados a la GIRH y metodologías de trabajo.

Los demás contenidos son parte de las etapas en desarrollo y aún por desarrollar del proyecto, por lo cual se irán actualizando a lo largo de la Etapa III.

13.4 DESARROLLO DE PLATAFORMA DE VISUALIZACIÓN

Como una forma de presentar los resultados obtenidos de la modelación WEAP de forma dinámica e interactiva, además de mejorar el conocimiento de los recursos hídricos en la cuenca, en una forma en que cualquier usuario/actor pueda acceder desde un equipo con conectividad a internet, se desarrolló un visualizador web que servirá como un apoyo al proceso de asimilación y contextualización de los resultados del modelo hidrológico aplicado a la cuenca. El visualizador se puede visitar pulsando el botón "Visualizador" de la página principal.

Dado que el objetivo de la generación del visualizador es ser utilizado como una herramienta de apoyo a la toma de decisiones, además de acercar a diversos actores de la cuenca a las tecnologías de información espacial en un contexto más local, y como una forma de integrar aspectos tanto espaciales (límites de cuenca, cuerpos de agua, estaciones meteorológicas) como asociados al modelo hidrológico (nodos de demanda, acuíferos, zonas de riego, entre otros), es que este visualizador se ha construido y montado en tecnologías web de carácter responsivo. Estos permiten a los potenciales usuarios navegar de forma cómoda desde los navegadores web más utilizados (Google Chrome, Mozilla Firefox, Microsoft Edge (ex Explorer) y Opera) y en cualquier tipo de dispositivos con acceso a la web, ya sean computadores de escritorio como dispositivos móviles: laptops, smartphones o tablets.

La mencionada plataforma de visualización integra en formato vectorial tanto las distintas capas base que considera el proyecto como aquellas asociadas la modelación

hidrológica de la cuenca. Entre las primeras se consideran las siguientes representaciones espaciales en formato vectorial (geoJSON):

- Límites de la cuenca del río Choapa
- Límites de las subcuencas del río Choapa
- Estaciones de medición (meteorológicas e hidrológicas)
- Decretos de Escasez
- Calidad de Aguas
- Sitios Ramsar
- Planes de Alerta temprana
- Derechos de Agua
- Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado
- Organizaciones de usuarios y áreas de jurisdicción
- Cuerpos de agua

Aquellas capas de información relacionadas con el modelo WEAP que estarán en el visualizador, son las siguientes:

- Ríos
- Canales
- Puntos de Medición de Caudal
- Nodos de demanda
- Catchments
- Lagos/Embalses
- Acuíferos
- Zonas de riego

En caso de existir capas en ambos casos, y que puedan llegar a superponerse espacialmente, como por ejemplo los puntos de medición de caudal y las estaciones fluviométricas, en la visualización inicial de la página se muestran de forma excluyente, vale decir aparece sólo una de ellas y el usuario seleccionará posteriormente aquella que desee visualizar.

La información contenida en este visualizador está completamente desplegada en formato vectorial, en el cual todas las entidades (puntos, líneas y polígonos) que se muestran, poseen atributos asociados que serán desplegados en la visualización una vez que el usuario las identifique y haga click sobre ellas. Además, cada una de las entidades desplegadas como puntos (por ejemplo: nodos de demanda, estaciones meteorológicas, puntos de medición de caudal), y los polígonos asociados a zonas de riego, están vinculados a una base de datos relacional que contiene información temporal que es desplegada de forma gráfica una vez que el usuario las selecciona y escoge. Esta base de datos corresponde a los resultados tanto del modelo WEAP calibrado y evaluado en escenarios histórico y futuros, como a variables medidas por sensores (como temperatura, precipitación y caudal) para el periodo actual y proyecciones futuras asociadas al cambio climático. En el siguiente subcapítulo se describen los detalles de la funcionalidad y usabilidad del sitio.

Toda la información contenida en este visualizador está sistematizada de la forma más sintética posible, de modo que, dado el volumen de información y la cantidad de entidades posibles de desplegar en el mapa, el usuario no vea dificultada la usabilidad del sitio ni pierda la referencia de lo que está buscando en la plataforma. Esto se logra

esquematizando los contenidos de forma tal de llevar al usuario a los contenidos más relevantes (en este caso asociados a la disponibilidad del recurso hídrico en la cuenca) para que luego se dirija a los contenidos que necesite en función de las visualizaciones observadas en la primera instancia.

En ese sentido, el visualizador incluye un buscador de entidades (puntos, ya sea nodos de demanda, estaciones meteorológicas, embalses, etc.) y localidades, de modo de llegar a un sitio específico de la cuenca si es que no se posee detalle de la ubicación espacial de algunas zonas. Además, despliega en una barra lateral todas aquellas entidades cargadas que corresponden a la zona seleccionada por el usuario. De esta manera, la navegación se vuelve amena y permite por ejemplo, contrastar espacialmente distintas zonas de la cuenca. Para esto, juegan un rol relevante los mapas de base que se encuentran precargados en el sitio. En el caso de este producto, se consideran los tres mapas más utilizados en aplicaciones de este tipo: Uno que representa el relieve de las distintas zonas (USGS Topo), uno que considera la ubicación de las ciudades, localidades y caminos (OpenStreetMap), y uno que incluye fotografías aéreas para ubicar distintas categorías de uso de suelo de forma visual (tipo Google Earth). Estos mapas pueden ser intercambiados en la medida que el usuario desee explorar las zonas de interés que desee en función tanto de sus atributos espaciales como de lo que se ubica físicamente en cada lugar.

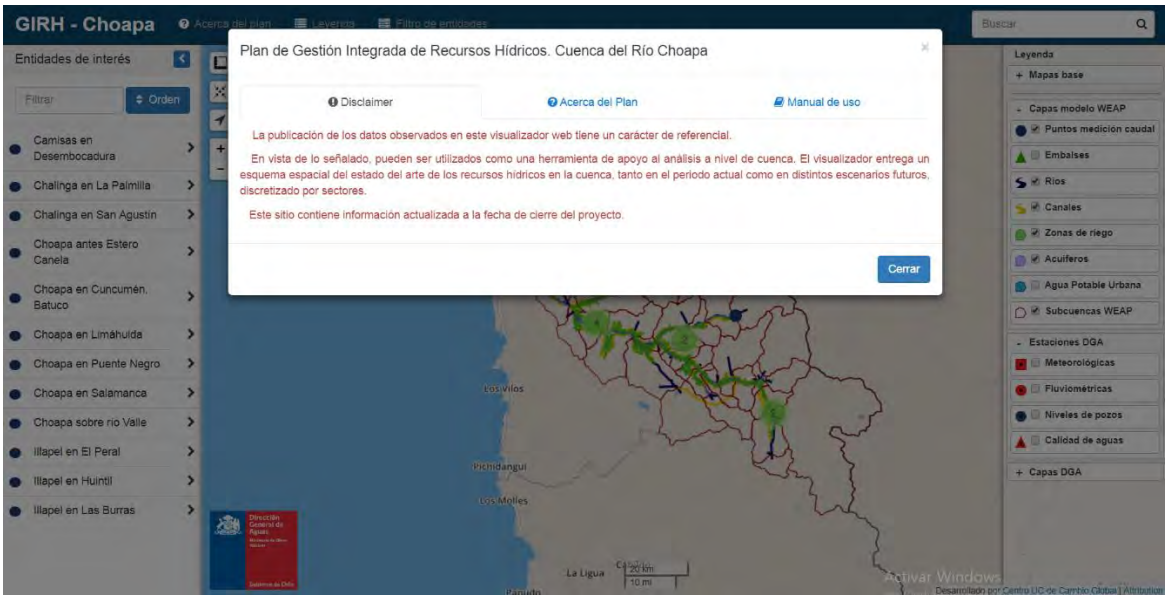
El visualizador se facilita además, mediante un Manual de Usuario, que se desarrolló para el correcto uso y la resolución de dudas que se pueden generar al navegar por el mismo, dada la cantidad de entidades que presenta cargada y la información de cada una de ellas asociada a la base de datos relacional. El Manual de Usuario se adjunta en el Anexo Capítulo 13.4.

13.4.1 Estructura de visualización de la plataforma

Como se ha mencionado, la estructura de visualización de la plataforma busca que la usabilidad por parte del usuario sea rápida y amena. Por este motivo, a continuación se describen los elementos en forma secuencial, de forma que sea fácil asimilar una navegación estándar de un usuario que entra al sitio por primera vez.

En primer lugar, al acceder al sitio, inmediatamente después de que todas las entidades se han cargado, se despliega una ventana con un *disclaimer* o consideraciones generales a tener en cuenta respecto de la información contenida en el visualizador, según se aprecia en la Figura 13.4-1.

Figura 13.4-1 Visualización inicial con las consideraciones generales



Esta ventana de consideraciones tiene en cuenta el mencionado *disclaimer,* una síntesis de la visión del plan detallada en la página web, un formulario de contacto en caso de consultas y un vínculo a un archivo de metadatos que contiene las características de toda la información de base que alimenta el sitio.

Una vez leído este *disclaimer*, el usuario se encontrará con la visualización principal del sitio, la cual contiene las capas de base que pueden ser visualizadas a simple vista (Cuenca, subcuenca, ríos y canales) y otras que estarán enmascaradas en cluster que definen el número de entidades que contienen y que se marcan en tonos de verde, amarillo, naranja y rojo en función de la densidad de puntos que contengan. Esto, dado que la cantidad de entidades resultantes tanto del modelo como de las capas mínimas que el sitio debe contener produciría confusión al usuario de mostrarse todas en su conjunto. Por esto, resulta útil tener cargadas al inicio sólo las más relevantes y agruparlas de esta manera, de forma que el usuario en la medida que se acerque a zonas específicas del mapa pueda ver como se distribuyen estos puntos en el espacio. Las Figuras 13.4-2 y 13.4-3 ilustran lo señalado.

Figura 13.4-2 Visualización con zoom de base inicial que muestra todas las entidades agrupadas, y su número por *cluster*

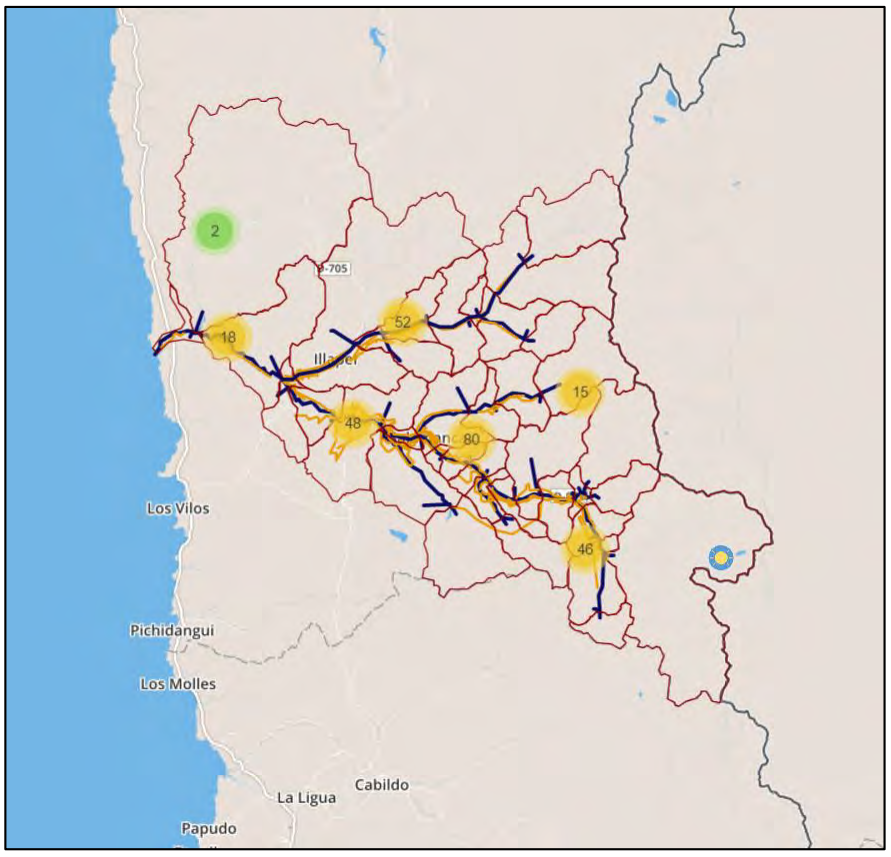
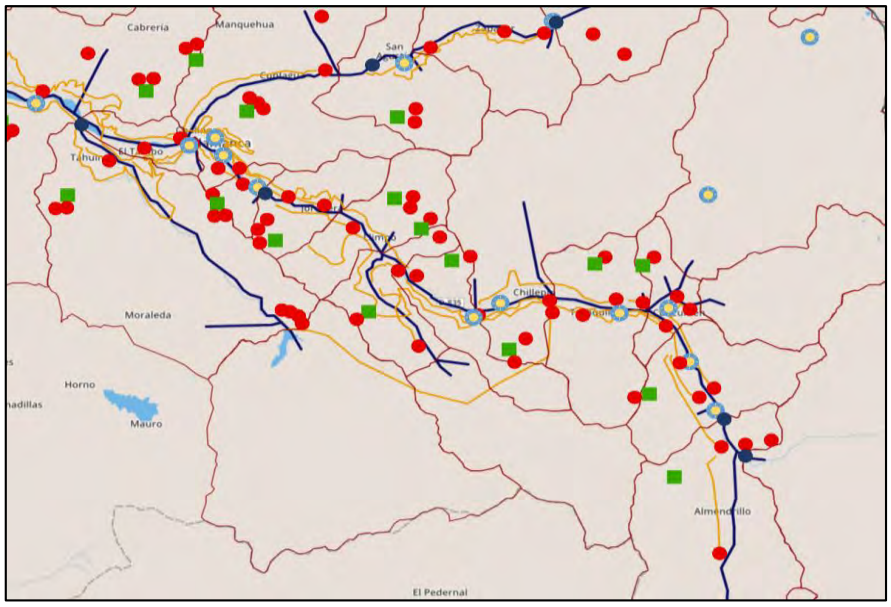
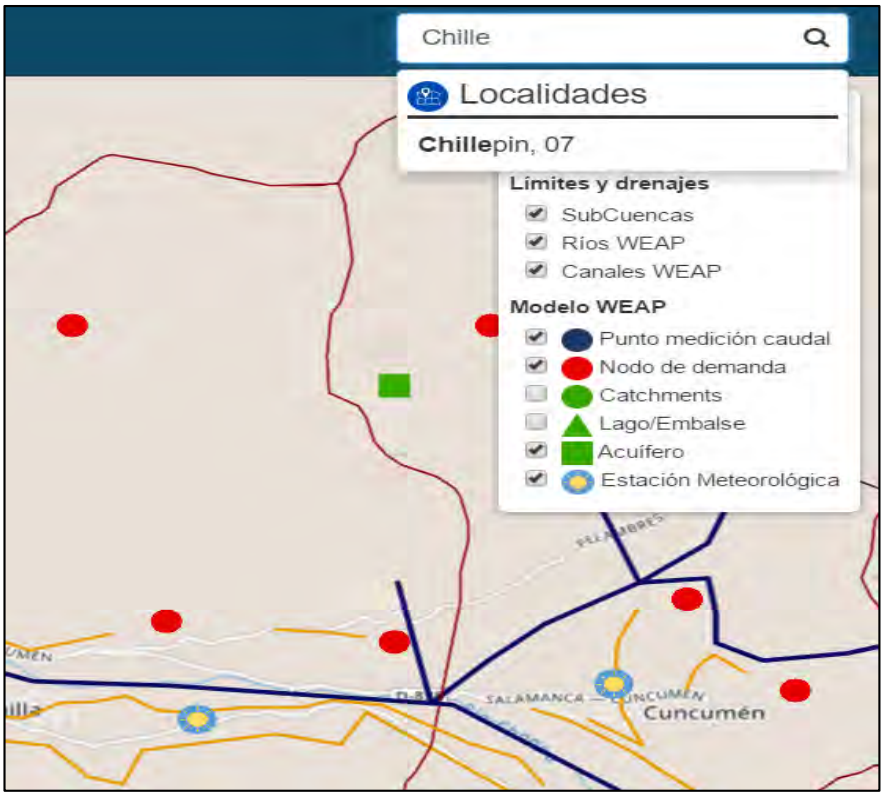


Figura 13.4-3 Visualización después de un acercamiento haciendo énfasis en las entidades presentes, las cuales se aprecian con facilidad en su ubicación espacial



Si el usuario desconociese la ubicación puntual de alguna entidad o alguna zona de la cuenca a la que quisiera dirigirse, podría utilizar la herramienta "Buscar" ubicada en el extremo superior derecho del visualizador. La Figura 13.4-4 muestra un ejemplo de búsqueda de la localidad de Chillepín. Además, es posible buscar también todas las entidades de punto que estén cargadas al mapa, (por ejemplo buscar una estación con un nombre puntual). Una vez hallada la localidad requerida, la plataforma lleva la visualización a la zona seleccionada por el usuario.

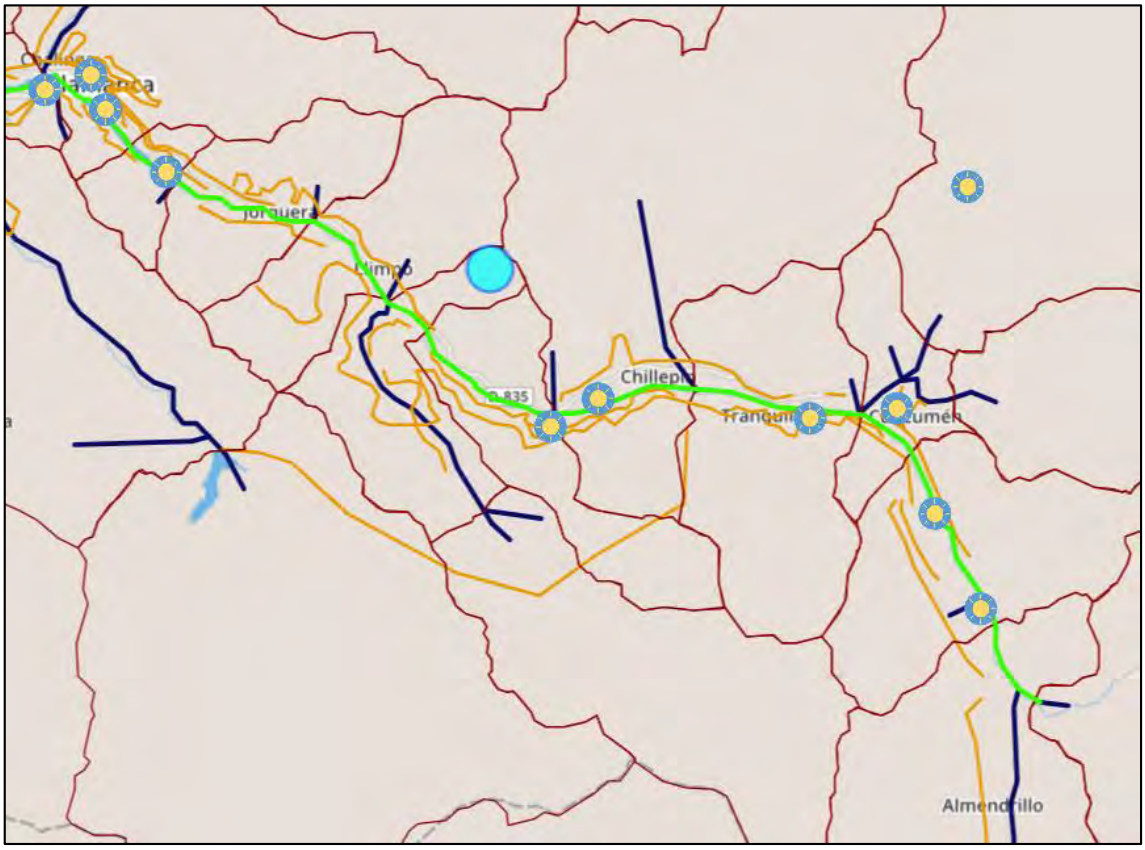
Figura 13.4-4 Detalle de búsqueda de entidades y/o localidades



Una vez acercada la visualización hacia donde el usuario lo desee, este puede notar que en la barra lateral ubicada a la derecha se despliegan las entidades marcadas en el mapa.

Todas las entidades vectoriales presentes en la página posen atributos que las definen, por ejemplo, cada segmento de la capa de ríos tiene un nombre particular, un largo en Km, o por otra parte, un punto que representa a alguna estación meteorológica posee un nombre también, un periodo de inicio de registros, entre otros descriptores. Estos atributos son importantes de mostrar al usuario, de modo de que este conozca las distintas variables que la cuenca posee y como vienen representadas espacialmente. Es por esto que al pasar el cursor sobre ellas en primer lugar las entidades de tipo línea (canales, por ejemplo) y polígono (subcuencas y cuenca) cambian de color, y en las de tipo punto, al hacer este ejercicio aparece un circulo exterior que identifica al punto marcado. En la Figura 13.4-5 se aprecia que las entidades representadas en líneas y polígonos se marcan en un tono verde fluorescente, y los puntos generan una circunferencia celeste.

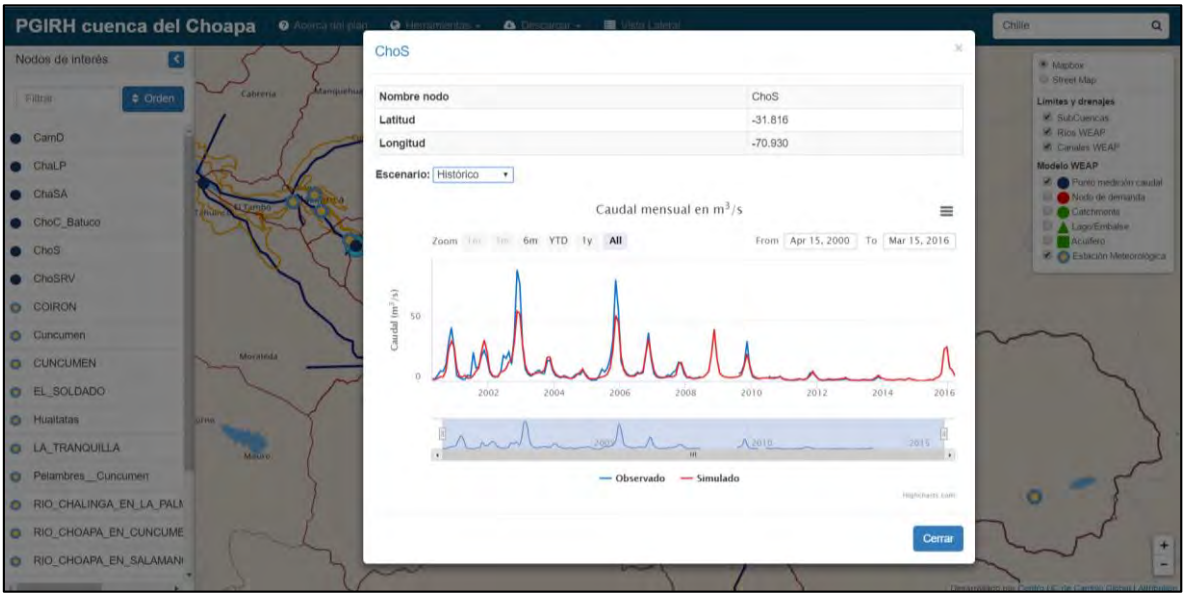
Figura 13.4-5 Selección de entidades en visualizador



Una vez seleccionada la entidad a visualizar, se puede observar en ella también los datos temporales que posee. Por ejemplo, para la entidad "Punto de medición de caudal", al hacer click se despliega una ventana emergente que muestra en primer lugar los atributos del punto, como el nombre del nodo, y su ubicación en Latitud y Longitud. En la parte inferior se despliega un formulario que permite al usuario escoger entre escenarios modelados respecto de la variable a graficar. La gráfica resultante muestra la variable para valores observados y simulados, de forma interactiva.

En la Figura 13.4-6 se pueden apreciar los atributos del nodo seleccionado y la gráfica resultante de caudales observados y simulados para el período histórico. La grafica es interactiva y permite conocer los valores de cada punto en la fecha analizada, o acotarla en función de la visualización gráfica que se desea obtener.

Figura 13.4-6 Despliegue de atributos en el nodo seleccionado



La librería grafica utilizada corresponde a *Highcharts*, que permite un amplio abanico de opciones gráficas y de interacción con el usuario, además de poder descargar las figuras generados en distintos formatos de imagen y PDF.

Otras funcionalidades que presenta la estructura visual corresponden a herramientas de comparación de datos y opciones de descarga de información, las cuales permitan acercar al usuario a la información si éste posee ciertas habilidades básicas en el manejo de Sistemas de Información Geográfica.

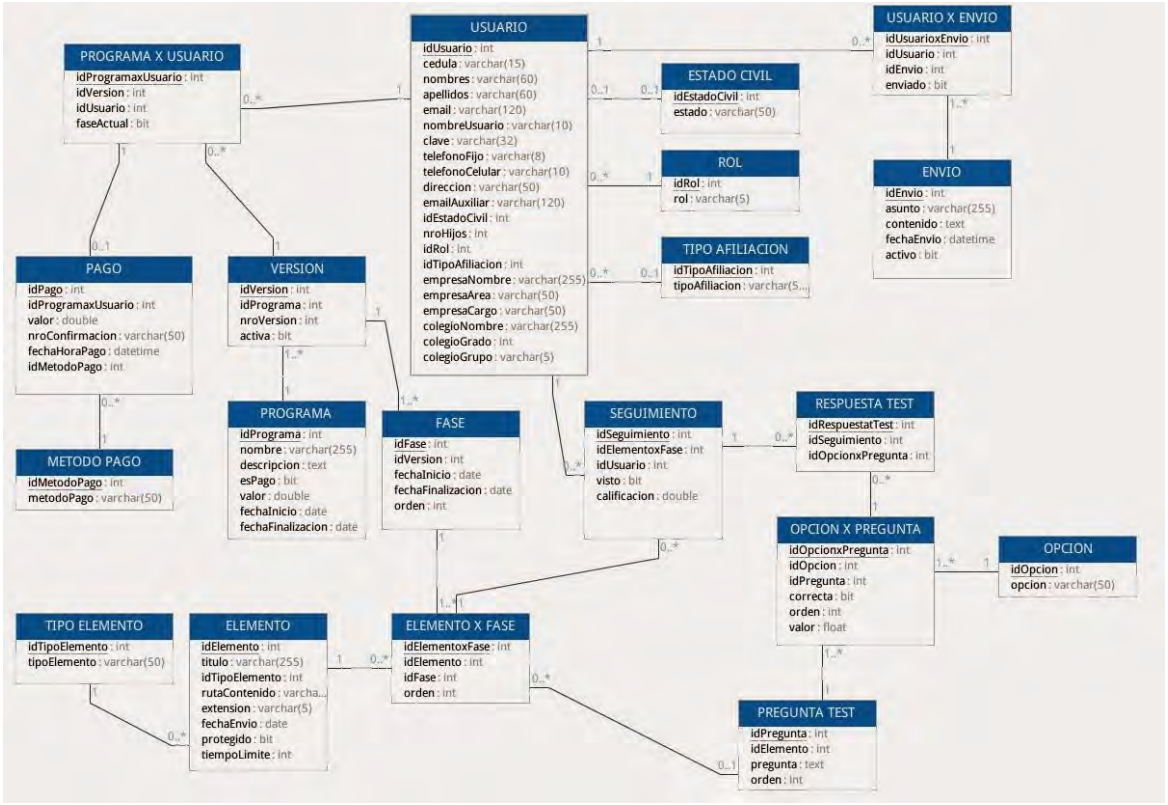
13.4.2 Alimentación de la Plataforma

La información con la que se alimenta la plataforma consiste en datos vectoriales en formato geoJSON, un formato amigable y liviano para ser procesado en JavaScript con la librería Leaflet, diseñada para generar mapas interactivos embebidos en páginas escritas en el lenguaje de etiquetas HTML.

Todos los productos vectoriales de la plataforma son independientes entre ellos, y sus atributos son únicos y no conmutables. Esto quiere decir que cada uno de los archivos vectoriales (Ríos, nodos, cuenca, etc.) es independiente de otro y que su carga al sistema no depende de la presencia de otro, de modo que en el caso de agregar o quitar capas, esto computacionalmente no representa ningún problema.

Por otra parte, la información de series de tiempo tanto histórica como futura para distintos escenarios, obtenida desde la modelación hidrológica a partir del modelo WEAP, es necesario almacenarla en una base de datos relacional que la agrupe y relacione mediante índices de columna. De este modo, la información contenida en cada serie temporal es asociada a una entidad con el identificador de la entidad. La Figura 13.4-7 muestra un ejemplo de base de datos relacional cuya estructura sigue una forma similar a la implementada en el visualizador web. Fuente: http://bd2ucn.blogspot.cl/

Figura 13.4-7 Modelo de base de datos relacional



Basado en un modelo de entidad relación, se cargan los datos espaciales al sistema a partir de la librería Leaflet usando JavaScript, y los datos temporales que luego se le asocian son cargados primero a un gestor de bases de datos relacional. Para la presente iniciativa se ha utilizado el sistema de gestión de bases de datos orientado a objetos PostgreSQL con el complemento espacial PostGIS, en el cual se almacenan todas las bases de datos de la entidades de forma particular y única, ya que facilita su manipulación y además las entidades pueden medir las variables en distintas unidades (Temperatura, precipitación, caudal, superficie, etc.). Este método requiere que las tablas de datos posean una columna, la que se denomina "Clave primaria" cuyos valores son únicos y representan el vínculo tanto con las otras bases de datos como con las entidades visualizadas en el mapa.

La Tabla 13.4-1 muestra un formato de creación de tabla para los campos en los cuales la entidad después es filtrada para producir un gráfico.

Tabla 13.4-1 Formato de creación de tabla y filtro para generar gráficos

Nombre	Tipo dato	Llave primaria	No nulo	Descripción	Comentarios
id	integer	X	X	Identificador del registro	Es un campo serial. Identifica al registro.
año	smallint			Año en donde ocurre el dato en la serie temporal	Permite obtener los valores de año para las gráficas.
mes	smallint			Mes en donde ocurre el dato en la serie temporal	Permite obtener los valores para mes en las gráficas. Este campo está asociado al anterior, de modo de conformar la fecha mensual.
unix	integer			Fecha en formato unix (universal)	Este campo permite insertar la fecha en la gráfica en lenguaje JavaScript.
punto	text			Contiene los nombres de las entidades que pertenecen a una misma clase	Por ejemplos, los nombres de las estaciones que pertenecen a la clase "Estaciones Meteorológicas.
variable	text			El tipo de variable que mide.	Temperatura, precipitación…
escenario	text			Escenario climático	Clima actual, cambio climático severo, por ej.
valor	double precision			Es el valor de la combinación de cada uno de los campos anteriores.	Este capo admite valores nulos en caso de que no exista dato para la combinatoria año-mes-variable-escenario correspondiente.

Con la base de datos cargada y administrada, se utiliza el lenguaje de código abierto del lado del servidor php para realizar las conexiones a la base de datos, y desde la misma hacia los scripts que proyectan la información en el visualizador (lado del cliente). Los lenguajes del lado del servidor no son visualizados en la web, sino que aportan conexiones entre el alojamiento de la información de los sitios y lo que el cliente finalmente visualiza, buscando datos específicos o recibiendo información de formularios por ejemplo. La conexión finalmente es posible mediante el servidor web HTTP Apache, que conecta las consultas a la base de datos, lleva estos datos al sitio y los despliega en las gráficas que el usuario visualiza en la pantalla correspondiente.

Toda la información recabada para la plataforma proviene tanto de fuentes oficiales (http://www.dga.cl/productosyservicios/mapas/Paginas/default.aspx), como de elaboraciones propias y aquellas provenientes del modelo WEAP en sí, principalmente en formatos shapefile de ESRI y KMZ que son transformados posteriormente a formato geoJSON. La información relacional es transformada a formato aceptado por PostgreSQL, desde las planillas de cálculo, mediante un script de lenguaje SQL.

En el caso de querer bajar o subir información espacial con su respectiva base de datos temporal a la plataforma, se necesita solo la información vectorial en formato shapefile o KMZ y la relacional en formato planilla de cálculo respetando la nomenclatura de campos descrita con anterioridad, los que luego son convertidos a los formatos de los que se alimenta el visualizador mencionado anteriormente.

13.4.3 Coberturas SIG de modelación WEAP

El visualizador incluye distintas capas obtenidas desde el modelo WEAP de la cuenca del río Choapa. La visualización de estas dependerá de si es relevante para los usuarios potenciales del sitio desde el punto de vista de la ubicación espacial de las entidades y si ellas poseen información temporal asociada al recurso hídrico que es necesario mostrar para comprender el desarrollo y funcionamiento del modelo y de la cuenca.

Estas coberturas SIG consideran las siguientes entidades ya cargadas al sitio, como elementos constituyentes del modelo: Ríos, canales, Puntos de medición de caudal, nodos de demanda, estaciones fluviométricas y bocatomas de canales (con su caudal captado apara cada escenario), zonas de riego (con sus áreas, cultivos, métodos, porcentajes de satisfacción de demanda en escenarios de calibración y escenarios futuros), catchments, lago/embalse (con sus niveles respectivos), acuíferos (con estadísticas de nivel o volumen para distintos escenarios), y pozos (nivel estático). Estos representan resultados del modelo a nivel temporal en función de los distintos escenarios y variables de decisión.

Cada una de estas coberturas en el visualizador podrá ser seleccionada para graficar su comportamiento temporal en distintos escenarios, y para poder comparar en los casos en los que corresponda, los valores observados y simulados.

13.4.4 Resultados que se visualizarán

El modelo WEAP genera como resultados una gran cantidad de series de datos de caudales y niveles, todos los cuales se extraen para su análisis y se representan gráficamente, en las múltiples planillas de resultados antes descritas.

De toda esta cantidad de resultados, se han seleccionado los siguientes, para su despliegue en el visualizador web:

- Coberturas de ríos, canales y embalses, con su nombre
- Estaciones fluviométricas: la estadística observada junto con la simulada, para el escenario (período) de calibración. Estadística simulada en escenarios futuros.
- Acuíferos: nivel estático en todo el período simulado, para cada escenario
- Acuíferos: volumen en todo el período simulado, para cada escenario
- Acuíferos: estadística de bombeo por uso, en cada escenario
- Embalses: nivel en todo el período simulado, para cada escenario
- Embalses: volumen en todo el período simulado, para cada escenario
- Para cada zona de riego: área, cultivos, métodos de riego
- Para cada zona de riego: porcentaje de satisfacción de la demanda, en escenario de calibración, y en escenarios futuros
- Canales o BT de canales: caudal captado en cada escenario

13.4.5 Manuales

Se entregan dos manuales para operar el visualizador. Uno de ellos es un Manual de Usuario, el cual se adjunta dentro del visualizador de la página web, de modo que está disponible para cualquier usuario. El otro es el Manual de Administrador, que deberá usar el usuario que desée hacer cambios en el visualizador, el cual se encuentra en el Anexo Capítulo 13.4.5.

13.5 COBERTURAS SIG

Todas las coberturas SIG incluidas en el visualizador como las utilizadas para la contrucción de los mapas de las página web, se entregan en el anexo digital llamado Anexo Capítulo 13.5.

14 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se presenta en detalle la forma en que se han logrado los múltiples objetivos del presente estudio, los cuales incluyen, en lo medular, el desarrollo de una gobernanza, de un Plan GIRH, de una herramienta de modelación WEAP y de una página web. También se señalan las recomendaciones que se desprenden de cada uno de los temas tratados.

14.1 ANTECEDENTES RELEVANTES

1. Definición de GIRH

La gestión integrada de recursos hídricos (GIRH) se plantea oficialmente (GWP) como un proceso que coordina el manejo y el desarrollo del agua, con objetivos destinados a aumentar el bienestar económico y social, sin afectar los ecosistemas vitales. Esta definición no aclara, sin embargo, los elementos esenciales del proceso, ni las configuraciones institucionales requeridas para implementarlo, ni quién debe ser involucrado, ni qué proceso de toma de decisiones debiera estar disponible para su implementación. Todos éstos son aspectos muy particulares de la idiosincrasia de cada país, sistema o incluso, cuenca. Es por eso que se justifica fomentar la creación de gobernanzas locales, con participación de todos los entes relacionados con los recursos hídricos.

2. Antecedentes de GIRH en la cuenca del Choapa

Un detonante fuerte y efectivo de la voluntad de hacer GIRH, es la necesidad. Se ha visto en la Región de Coquimbo, que en tiempos de verdadera necesidad, han operado instituciones voluntarias, no vinculantes ni normativas, que han contribuido a generar bienestar y armonía entre los partícipes de la GIRH. Sin embargo, dejan de operar cuando se supera la crisis. Esto muestra que no responden a una visión de mediano y largo plazo.

3. Necesidades actuales más sentidas

Las necesidades que actualmente la GIRH podría cubrir, después de superada la sequía, y con los volúmenes embalsados prácticamente copando la capacidad de embalsamiento, son principalmente la planificación de la gestión del recurso hídrico, estableciendo una visión compartida, la coordinación interinstitucional, y la difusión y gestión de la información existente, que no ha estado al alcance de todos.

4. Bibliografía y fichas

En el presente estudio se ha recopilado y consultado una extensa bibliografía, para gran parte de la cual también se desarrollaron fichas, las que se encuentran en el Anexo y en la página web, con sus respectivos vínculos a los estudios completos. La extensión bibliográfica muestra que hay muchos temas relacionados con la GIRH, ya ampliamente estudiados, y que lo que se requiere para avanzar, es poner en práctica una experiencia de GIRH.

5. Experiencia internacional

La experiencia internacional nos ha acercado a las realidades de países más avanzados, aportando algunos conceptos interesantes, como la estabilidad de las políticas públicas en el largo plazo, la excelencia técnica, la ubicuidad del monitoreo, la transparencia y accesibilidad de la información, el respeto por el medio ambiente y el respeto por la productividad.

6. Experiencia de GIRH en Chile

En Chile se ha intentado implementar la GIRH, desde 1993, con la Corporación Administradora de Cuencas del BíoBío, que tuvo dos años de vida. Desde entonces, diversas iniciativas de la DGA y CNR han buscado entender la dinámica hídrica y social a nivel de una cuenca completa, integrando los actores que representan la demanda en cualquiera de sus formas, con las instituciones que administran la oferta, fortaleciendo las organizaciones de usuarios y avanzando en el tema del valor económico y social del agua.

7. Componentes de un Plan GIRH

Se ha podido constatar que la GIRH tiene al menos dos componentes:

- Un plan que fija una meta de largo plazo (visión) y un conjunto de acciones consensuadas y viables de llevar a cabo, para el logro de ésta

- Una gobernanza o estructura social dentro de la cual se realiza el proceso de coordinación entre actores diversos, con recursos y lógicas diferentes, para lograr metas definidas colectivamente.

14.2 CONCLUSIONES DEL DIAGNÓSTICO

Del amplio diagnóstico realizado se desprenden las conclusiones que se listan a continuación.

1. Diagnóstico cuantitativo

- De acuerdo con la estadística de los últimos 26 años, la cuenca ha contado con una oferta de caudal afluente de 11,6 m^3/s para una probabilidad de excedencia de 50%, y de 5,5 m^3/s, para una probabilidad de excedencia de 85%.

- La oferta se complementa con el almacenamiento en embalses (75 millones de m^3) y acuíferos (estimado en unos 400 millones de m^3).

- El caudal captado por canales y pozos, de 18,3 m^3/s en un año 50%, y de 13,3 m^3/s en un año 85%, muestra el importante grado de reúso que existe en la cuenca, de 1,6 veces en años normales y de 2,4 veces en años secos.

- La demanda se distribuye entre el riego, la minería, el agua potable urbana y rural y, mínimamente, la industria, como se aprecia en la Tabla 5.1-5. En esta tabla se presenta la demanda consuntiva y la demanda a nivel de bocatoma.

- El grado de tecnificación del riego llega al 23% del área total reconocida como cultivable (regable).

- Observando el balance a nivel de cuenca, la oferta 85%, completamente regulada, podría suplir la demanda consuntiva.

- En general, la cuenca de Choapa muestra un balance de oferta-demanda positivo y podría aceptar mayor demanda, de ser requerida, pero bajo condiciones de regulación. Las tasas de eficiencia en el riego aún son bajas, lo cual faculta el reúso de los excedentes.

2. Derechos de agua

- Para la cuenca del Choapa, 63% de los derechos registrados en el CPA cuentan con coordenadas, 35% son ubicables mediante su descripción, y 2% son no ubicables o difícilmente ubicables a partir de su descripción.

- En el CPA, las Juntas de Vigilancia tienen registros de todos los derechos que están en uso bajo su jurisdicción, los cuales totalizan 24.564,05 l/s superficiales permanentes y consuntivos, 324 l/s eventuales consuntivos y 15.615,83 l/s superficiales no consuntivos. Sin embargo, de los derechos superficiales permanentes y consuntivos, sólo 6.244 l/s (25%) tienen una inscripción individual en el CPA. Esto es coherente con lo señalado por las organizaciones, donde se aprecia la gran dificultad que tienen muchos títulos vigentes y reconocidos, para ser saneados, inscritos en el CBR y registrados en el CPA. Los derechos no consuntivos de la JV están debidamente inscritos.

- Observando los derechos por tipo inscritos en el CPA (Tabla 5.3-3), se aprecia que hay 21.281,4 l/s consuntivos (permanentes y eventuales, superficiales y subterráneos), y 33.985,2 l/s no consuntivos.

- Observando los derechos por uso (Tabla 5.3-5), de los derechos inscritos (superficiales y subterráneos, consuntivos, permanentes y eventuales, con y sin coordenadas, declarados dentro de la cuenca del Choapa), un 41% son derechos que están en poder de la DOH, un 29% en manos de los regantes, un 10% le pertenece a la minería y un 2,5% se identifica para uso de agua potable, urbana y rural. De los no consuntivos, un 96% corresponde al uso de generación hidroeléctrica.

- La evolución temporal de la constitución de derechos muestra que hay derechos constituidos posterior a la declaración de agotamiento (2004) y a la declaración de área de restricción (2009), predominantemente el año 2010. Estos derechos corresponden casi en su totalidad a derechos subterráneos del Artículo 4º Transitorio de la modificación legal Nº 20017 de 2005. También se puede observar que es reciente el registro de los derechos no consuntivos por 15.615,83 l/s de la Junta de Vigilancia del río Choapa.

3. Uso del suelo

- El uso del suelo es caracterizado por CONAF. Para la provincia de Choapa, la comparación entre las caracterizaciones de 2002 y 2016 muestra que las praderas y matorrales predominan hoy con un 76% del área total de la cuenca, antes con el 73%. Los humedales se habrían reducido, de 1,04% a 0,44% en este lapso. El área urbana se habría expandido de 0,14% a 0,90% del área. Los terrenos agrícolas aumentaron de casi 21.000 a casi 26.000 hectáreas.

- El estudio de Herrera y Sandoval (1973) sobre capacidad de uso del suelo de la provincia de Choapa, muestra la distribución de 22.257,2 hectáreas de riego entre las 8 clases de capacidad de uso de los suelos (Tabla 5.4-3).

- A partir del censo agropecuario del INE, los catastros frutícolas de CIREN y la verificación en Google Earth, en la cuenca del Choapa se reconoce actualmente un área potencialmente cultivable de unas 17.000 hectáreas. Con este valor se ha trabajado el modelo WEAP.

4. Calidad de aguas

- La fuente principal de información de calidad de aguas presentada en este estudio, es la DGA. Otras fuentes complementarias han sido programas como el SAI y estudios específicos de las entidades que se indican en cada caso .

- La presión sobre la calidad del agua proviene de las siguientes fuentes de contaminación: la minería, la agricultura, la industria en un grado muy menor, las plantas de tratamiento y los vertederos de basura.

- No obstante, por lo general, la calidad del agua en la cuenca de Choapa es buena. Sin embargo, eventos puntuales de contaminación han alterado estas condiciones en varias ocasiones y han causado conflictos. Al respecto, es conveniente mejorar el monitoreo permanente, con protocolos claros y compartidos. Si bien es cierto que actualmente hay puntos de monitoreo permanente, no incluyen análisis de sedimento, ni bioindicadores. Hay algunos parámetros cuyo monitoreo no es constante en el tiempo.

- Por otro lado los protocolos de monitoreo no son públicos, sólo los datos. Debieran publicarse también la metodología de análisis y los límites de detección, con lo que se daría mayor credibilidad y transparencia a la información entregada.

- Los metales de mayor toxicidad son Aluminio y Manganeso, aportados en forma natural por el río Choapa Alto. Su comportamiento se reduce a lo largo del curso del río Choapa, y se diluye con el Chalinga e Illapel, que no aportan estos minerales en forma importante. Los valores sobre la norma NCh 1333 para uso en riego se asocian a eventos específicos, como derrames por rotura de tubería (Fuente: DGA).

- Los coliformes totales (Fuente: programa SAI, Seguimiento Ambiental Integral, liderado por la JV CHoapa, realizado por INIA y financiado por MLP) sobrepasan en pocas ocasiones la NCh 1.333 para uso en riego. Es necesario controlar los

efluentes de las plantas de tratamiento de Salamanca e Illapel, pero también las de las localidades rurales, como por el momento la localidad de El Esfuerzo.

- El río Cuncumén (estación Cuncumén antes junta Choapa, DGA) posee buena calidad de sus aguas, con presencia de metales como molibdeno, cobre y sales de sulfatos bajo norma, con pH y conductividad también bajo norma. Excesos frecuentes de cobre y conductividades más altas, de hasta 1500 μS/cm, se registraron entre 2001 y 2004. Desde el año 2004 hasta la actualidad, sólo muy ocasionalmente se registran excesos de Cobre, Hierro, Aluminio y Manganeso. En este río, la contaminación no afecta tanto el agua, sino que los sedimentos. Nuevamente, protocolos claros, compartidos y acordados entre empresa, organismos públicos y comunidad, deben ser constantes para mantener la confianza y la paz social.

- También se observa un aumento de la concentración de sales por sequía, que afecta el río Illapel, especialmente bajo la junta con el estero Aucó (Fuente: DGA).

- Todos los estudios coinciden en el mayor contenido de metales en los sedimentos del río Cuncumén antes de la junta con el río Choapa, por lo que se recomienda mantener un constante monitoreo en el río Cuncumén a lo largo del tiempo, tanto de aguas como de sedimentos, considerando el crecimiento de las explotaciones de Minera Los Pelambres.

- Por otro lado se recomienda evaluar los depósitos de relaves, desde el punto de vista mineralógico, determinando el riesgo ante eventos extremos.

- Respecto de pesticidas, no hay información reciente. El SAG llevó a cabo una campaña en 2005 (Proyecto Más Región, SAG, 2005), en que analizó 23 pesticidas organoclorados y 9 pesticidas organofosforados, en 21 puntos de muestreo. En ninguna parte se registraron estos pesticidas, salvo en un punto de muestreo correspondiente a un canal, donde se encontró un valor levemente superior al límite de detección.

- Respecto de fertilizantes, las mediciones de nitratos que lleva la DGA en forma sistemática, muestran que no hay contaminación de nitratos ni tendencias de aumento en las aguas muestreadas en esta cuenca.

- En cuanto al agua subterránea, el estudio DGA 2017, sobre calidad de aguas subterráneas de la región de Coquimbo, que analizó un total de 30 pozos, encontró cuatro pozos con calidad insuficiente, tres de ellos debido a la presencia de Manganeso (Batuco, Huentelauquén Norte, Las Cañas Dos) y uno debido a la presencia de Hierro (El Arrayán). Otros seis pozos presentan calidad regular, debido a la presencia de Hierro (Cárcamo, Peralillo, Tambo, Tambo Oriente, Colliguay y Tunga Sur), y uno debido al Sodio (Carquindaño en la subcuenca del Canela). Todos los demás pozos presentan calidad buena a excelente. Las conductividades en todos los casos son inferiores a 750 umhos/cm. El informe dice textual: "En términos generales los pozos del acuífero Choapa no evidencian contaminación difusa de carácter antrópico desde actividades superficiales como agricultura e industria en general."

5. Situación ambiental: agua, aire, sedimentos fluviales

- Actualmente no es posible evaluar ambientalmente la cuenca del Choapa respecto a una norma de calidad de aguas. La DGA mide casi todos los parámetros requeridos por la norma NCh1.333 Of78 para uso en riego, con excepción de litio (cítricos), vanadio, SDT, pesticidas y coliformes fecales. Para los otros usos de la misma norma, como vida acuática y recreación, la DGA no mide los siguientes parámetros requeridos: hidrocarburos y sustancias tóxicas como pesticidas, metales, cianuros, detergentes y coliformes.

- La cuenca del Choapa no cuenta con un anteproyecto de Norma Secundaria de Calidad Ambiental para aguas continentales superficiales y marinas.

- En forma puntual y esporádica se han realizado estudios ambientales con bioindicadores, seleccionando macroinvertebrados acuáticos que se han aplicado en diferentes cuencas hidrográficas, y que responden preferentemente a contaminación de tipo orgánica.

- Los índices bióticos de abundancia y riqueza muestran que el estado sanitario del ecosistema acuático en la cuenca del río Choapa en general es bueno, levemente más deficiente en el río Chalinga (por escasez de agua) y en el río Illapel cerca de la junta con el Choapa.

- En el Registro de Áreas Protegidas de Ministerio del Medio Ambiente, para la cuenca del río Choapa se han definido tres áreas protegidas: la Reserva Nacional Las Chinchillas, el sitio RAMSAR Humedal Las Salinas de Huentelauquén, y el sitio prioritario Vegas de la Quebrada de Las Hualtatas. Se está evaluando ampliar el área de Las Chinchillas.

- El tema calidad del aire preocupa en el sector de Cuncumén, por los valores que a veces alcanzan las concentraciones máximas horarias. Los registros, si bien tienen máximos horarios ocasionalmente sobre 150 ug/m3, como promedios diarios no superan ese valor, que es el límite de la norma. La norma no regula los máximos horarios.

- Chile no cuenta con normativa asociada a la calidad de sedimentos fluviales, y por tal razón, en los estudios se recurre a la normativa internacional como la Guía Canadiense (CCRM, 1987) y el Real Decreto Español 60.2011, a modo referencial.

- Los estudios acerca de la calidad de los sedimentos en la cuenca del Choapa detectaron algunos problemas en la estación Cuncumén y en Illapel. El Cobre y el Arsénico han sobrepasado los valores referenciales de la guía "Guidelines for the protection and management of aquatic sediment quality in Ontario" en la estación Cuncumén antes junta Choapa. Arsénico se presentó ocasionalmente sobre las concentraciones referenciales también en río Choapa aguas abajo del río Cuncumén y en río Illapel en el Peral.

- En cuanto a los metales no esenciales, las mayores concentraciones se encontraron también en los sedimentos de la estación del río Cuncumén.

- En el río Cuncumén se halló una correlación significativa con un R2 de 0,7777 (77%); entre el Manganeso del agua y el Cobre de los sedimentos. Otra relación hallada en el río Cuncumén, con R2 de 0,671, se observa entre el Fe del agua y el Cu de los sedimentos. Zinc total no ha sobrepasado los valores referenciales.

- Se concluye que el "n muestral" es aún muy bajo para obtener correlaciones fuertes entre contenido de metales en el agua y sedimentos, pero todos los estudios coinciden en el mayor contenido de metales en los sedimentos del río Cuncumén antes de la junta con el río Choapa, en comparación con el río Choapa.

- Aun cuando se han presentado concentraciones elevadas de metales, el alto contenido de Calcio, Magnesio, Sodio, que otorgan una elevada dureza al agua, impiden que estos metales estén disponibles para afectar la fauna bentónica.

6. Infraestructura de canales y embalses

- La cuenca cuenta con dos embalses, Corrales para el río Choapa y El Bato para el Illapel. El río Chalinga no cuenta aún con embalse.

- El río Choapa tiene sus 34 canales más importantes dotados de compuertas automatizadas con telemetría. Los mayores problemas han sido el vandalismo y la acumulación de sedimentos. En este momento, se busca avanzar con sensores de calidad, para pesquisar los eventos ambientales de MLP.

- El cuanto al río Chalinga, la Junta no posee sistema telemétrico en ninguna bocatoma de los canales que administra. Por el momento, no tiene considerado instalar estos dispositivos, aunque sí, interés en hacerlo a futuro, una vez que hayan analizado los alcances en cuanto a costos de implementación y de administración.

- En el río Illapel, la Junta tiene 11 sistemas telemétricos instalados en los canales que administra. Lo que se piensa hacer a futuro, es dotar otros dos canales de telemetría, y presentar proyectos de mejoramiento de compuertas y aforadores tradicionales, para 24 a 26 bocatomas de canales administrados por la Junta de Vigilancia.

- En resumen, la infraestructura de almacenamiento y conducción de aguas en la cuenca de Choapa es adecuada para la condición actual. Sin embargo, ante eventos de baja de oferta por sequía, o bien mayor demanda que se podrá verificar a futuro, esta no será suficiente. Si bien nuevos embalses serán requeridos para entonces, tales como en Chalinga y Choapa Alto, no debe olvidarse que también hay mucho que avanzar en el tema de la eficiencia de riego.

7. Red de monitoreo

- Tanto el mejoramiento de las estaciones de monitoreo de todo tipo y rehabilitación de algunas estaciones suspendidas, como la frecuencia de monitoreo, son de gran importancia para entregar las confianzas necesarias en los balances y la calidad de agua. Es necesario considerar que las estaciones con régimen alterado son muy valiosas para la calibración de modelos operacionales

como el WEAP. Se recomienda la rehabilitación de al menos dos estaciones: Choapa en Limáhuida y Chalinga en Chalinga, y la intensificación del monitoreo de los acuíferos.

- En el estudio DGA − CONIC BF (2013) se recomienda la instalación de dos estaciones de monitoreo de nieves, una en el río Tres Quebradas (cabecera Illapel) y otra en el río Totoral (cabecera Choapa), para alimentar modelos de pronóstico.

8. Eventos extremos

- En relación con las crecidas, hay algunas medidas de protección existentes, y otras que se recomienda implementar. Las existentes son los planes reguladores de las Municipalidades, que definen zonas de inundabilidad, las cuales deben ser respetadas, y los umbrales de alerta en las estaciones satelitales de la DGA, que se apoya con información de pronóstico de precipitaciones de CEAZA y Dirección Meteorológica de la FACH.

- Las medidas pendientes de implementar son los modelos de pronóstico de corto plazo, la aplicación de la ley de embalses para control de crecidas, los planes maestros de manejo de cauces (en desarrollo) y la política nacional de gestión de riesgo de desastres de 2016.

- La larga sequía que ha sufrido la región, ha impuesto una tendencia a entender que la sequía es la nueva condición de la región. Incluso si esto fuera así, y situándose en un escenario de cambio climático severo, no es posible descartar el hecho de que los eventos extremos ocurren, y, como única protección efectiva contra ellos, es necesario haberlos previsto, y haberse organizado en consecuencia.

- En relación con las sequías, la principal recomendación emanada de los diversos estudios de modelación llevados a efecto en la cuenca, ha sido la de explorar el acuífero como fuente complementaria de recursos hídricos, y analizar la forma de estudiar su comportamiento a través de pozos existentes o pozos de sequía. Los derechos subterráneos constituidos son muy pocos, y hasta la fecha actual no han permitido evaluar el comportamiento real del acuífero.

- La medida de restringir (y prohibir) la constitución de nuevos derechos subterráneos, es efectiva en el sentido de mantener un caudal en el río para satisfacer los derechos de agua superficial ya otrogados , pero no lo es desde un punto de vista de la gestión integrada del recurso hídrico. Con esta medida se mantienen los acuíferos generalmente llenos, no permitiendo que cumplan una función de aporte de recursos nuevos, y además, reguladora.

- En el Plan Maestro se aportan diferentes medidas a adoptar frente a sequías, desde seguros para los agricultores, reformulación de la resolución 1674 que califica la severidad de una sequía, considerando también la demanda y no sólo la oferta para la calificación, mejorar la predicción de las sequías, mejorar la gestión por parte de las organizaciones de usuarios, hasta un Plan de Sequía, que considera incluir conocimiento y fuentes alternativas a la gestión.

9. Servicios de agua potable

- El agua potable urbana cubre las localidades de Illapel, Salamanca, Canela Alta y Canela Baja, con alcantarillado y plantas de tratamiento. Los derechos de agua de las localidades urbanas totalizan 208 l/s, para un consumo consuntivo de unos 57 l/s. Durante la sequía los problemas de abastecimiento más severos amenazaron la ciudad de Illapel, pero fueron evitados gracias a la muy buena cooperación de la Junta de Vigilancia.

- En cuanto a los sistemas de APR, los derechos totalizan 218,4 l/s, para un consumo, que se asume consuntivo, de 36 L/s.

- En el mundo rural, hay dos realidades: los sistemas de APR pertenecientes al programa de la DOH, y los llamados artesanales, financiados por el GORE o las Municipalidades. Estos últimos suelen ser muy precarios, tanto en relación con los derechos como no ser materia de mejoramiento, debido a que no cumplen los estándares como para poder ingresar al programa de Agua Potable Rural de la DOH.

- Lo que hoy más inquieta a la población rural es la continuidad del servicio de agua potable, especialmente en épocas de sequía. Al respecto, está subutilizada la disposición de las Juntas de Vigilancia, para aportar los litros por segundo que estas localidades requieren. Esta opción debe gestionarse antes de pensar en plantas desaladoras para estos fines.

- En cuanto al agua subterránea, el estudio DGA 2017, sobre calidad de aguas subterráneas de la región de Coquimbo, que analizó un total de 30 pozos, encontró cuatro pozos con calidad insuficiente, tres de ellos debido a la presencia de Manganeso (Batuco, Huentelauquén Norte, Las Cañas Dos) y uno debido a la presencia de Hierro (El Arrayán). Otros seis pozos presentan calidad regular, debido a la presencia de Hierro (Cárcamo, Peralillo, Tambo, Tambo Oriente, Colliguay y Tunga Sur), y uno debido al Sodio (Carquindaño en la subcuenca del Canela). Todos los demás pozos presentan calidad buena a excelente. Las conductividades en todos los casos son inferiores a 750 umhos/cm. El informe dice textual: "En términos generales los pozos del acuífero Choapa no evidencian contaminación difusa de carácter antrópico desde actividades superficiales como agricultura e industria en general."

- Hay una localidad, Choapa, donde los habitantes sólo beben agua de bidón. En esta localidad, no cubierta por el estudio DGA 2017, se recomienda hacer análisis del agua subterránea cruda.

10. Gobernanza del agua para una GIRH

- La gobernanza del agua a nivel nacional fue estudiada a fondo por el Banco Mundial entre los años 2011 y 2013. El estudio de 2013 concluye que existe un total de 43 actores institucionales, asignables a tres categorías: Organismos de Gobierno, Organizaciones de Usuarios de Agua y Organismos Autónomos.

- Como conclusión del estudio, no existe en Chile una gobernabilidad formal que propenda hacia una gestión integrada de cuencas. En efecto, esto ha dificultado que se mantengan en el tiempo los esfuerzos que han desplegado en este sentido las distintas instituciones relacionadas con el agua.

- A nivel regional y local se ha identificado también una gobernanza, que se ha creado justamente a partir de la necesidad que impuso la prolongada reciente sequía, que tuvo diversas iniciativas:

    - Directorio Regional del Agua
    - Mesa Provincial de Recursos Hídricos
    - Consejo Comunal del Agua
    - Mesa Acuerdo de Salamanca
    - Mesa del Agua de Cuncumén

    Todas ellas presentan ventajas y desventajas. La mayor desventaja es la de reducir o detener su funcionamiento cuando se acaba la escasez. La mesa Acuerdo de Salamanca, sin embargo, ha seguido sesionando.

- Las razones que han impedido que prosperen algunas iniciativas históricas de gobernanza, han sido el exceso de atribuciones, que debían recoger desde otras instituciones, los profundos cambios legales que se requerían para ello, una elevado costo de operación, y, en algunos casos, la dependencia política de la gobernanza. Todo ello justifica una nueva aproximación, esta vez desde una postura de apoyo y coordinación del quehacer de todas las entidades comprometidas con el agua. La presente iniciativa podría tener éxito, siempre que busque llenar los vacíos fundamentalmente de planificación, de coordinación y de "puesta en común" del conocimiento hídrico de la cuenca. La iniciativa deberá incluir los servicios públicos, entes privados y asociaciones ciudadanas en igualdad de condiciones, mantenerse como un ente técnico y no transformarse en un ente de manejo político.

- Un análisis de las atribuciones de las instituciones públicas a nivel regional muestra que las instituciones existentes tienen, por mandato, una función coordinadora que cumplir, que abarca no sólo las instituciones públicas, sino que también las privadas. Una entidad para la GIRH, como una Corporación de Cuenca, haría más específico el cumplimiento de este mandato, para el tema del recurso hídrico.

- Gran importancia revisten, en la gestión local del recurso, las organizaciones de usuarios, en especial las Juntas de Vigilancia, que gozan de gran conocimiento de su territorio y de gran respeto por parte de sus usuarios.

- Es importante señalar que en la cuenca del Choapa no existen comunidades de aguas subterráneas, por lo que no hay una gestión formal de este recurso. No obstante ello, hay control de extracciones por parte de la DGA, que además cuenta con una aplicación web para tal efecto.

- Del presente estudio se concluye que toda opción de organizar una GIRH, depende fuertemente de alguna necesidad concreta, cuya solución pueda ser provista por la GIRH, pues tomar decisiones consensuadas requiere inversión de

tiempo y esfuerzo de todas las partes, inversión que sólo se realiza si todas las partes se ven beneficiadas. La motivación para participar es la mejora esperada de la gestión de los recursos en el corto, mediano y largo plazo, con beneficios específicos, tales como: inclusión de proyectos sentidos por la comunidad, seguridad de suministro para la población y actividades productivas, conservación de ecosistemas, mejora en la calidad del agua y reducción de conflictos.

- La implementación exitosa de una gobernanza para la GIRH requiere de un financiamiento base mínimo para poder iniciarse, con fuentes claramente identificadas.

- La GIRH puede iniciarse sin cambios legales, y a bajo costo. En el camino se podrán hacer los ajustes legales y presupuestarios, cuando éstos se perfilen más claramente a partir de la experiencia de la realidad.

- En resumen, la región de Coquimbo y la cuenca de Choapa en particular han mostrado variados niveles de organización de funciones en torno al agua. La organización, muchas veces, ha derivado de las necesidades generadas por carencia de oferta en períodos de sequía. Si bien estas alianzas generadas han, por lo general, cumplido sus objetivos de hacer partícipes a quienes se ven afectados por las circunstancias, muchas veces sus buenas intenciones chocan con la fragmentación de atribuciones y la cantidad de servicios que están involucrados en las decisiones a tomar. Este hecho juega un rol más que relevante en cómo la gobernanza definirá funciones, proyectos o iniciativas a llevar a cabo.

11. Fuentes de potenciales conflictos

- La sensación de exclusión por parte de actores no convencionales (que no tienen derechos de agua ni pertenecen a alguna institución relacionada con los recursos hídricos, pero sí están relacionados con el agua). Hay dirigentes pertenecientes a diversas comunidades, o a las APR que han tenido problemas en la sequía, o que se sienten afectados por alguna actividad que se realiza en la cuenca, que necesitan una instancia en la que puedan ser escuchados y atendidas sus inquietudes.

- La falta de difusión/gestión de la información existente. Gran parte de los actores identificados no cuentan con información objetiva acerca del recurso hídrico y de su gestión en la cuenca. Sería muy conveniente informarlos, para evitar sesgos y malos entendidos por desconocimiento.

- La presencia de MLP en la cabecera de la cuenca, desde 1999, con una demanda de alrededor de 1 m^3/s, que significa alrededor de un 20% del recurso total disponible en épocas de sequía. Este aspecto es particularmente sensible debido a que existe la convicción de que la minera, al contar con derechos subterráneos de la misma cuenca para reponer los excesos de extracción por sobre los desmarques, en realidad no está sujeta a desmarques. Sin embargo, sus extracciones se realizan de acuerdo con sus derechos legalmente constituidos y administrados por la JV. Por otro lado, la presencia de la minera también genera

oportunidades en la cuenca, y su operación cuenta con medidas de mitigación tanto en relación con la cantidad como de la calidad del recurso.

- La ocurrencia de eventos de contaminación ambiental, dado que la comunidad de Choapa ha ido incrementando su sensibilidad. Debido a la disponibilidad de tecnología, el conocimiento de buenas prácticas, la obligación del cumplimiento normativo, la experiencia de eventos contaminantes anteriores y la responsabilidad en la producción, no debieran presentarse eventos contaminantes, a excepción de los asociados a catástrofes naturales de gran envergadura, que escapen al control.

- El proyecto DOH del embalse Canelillo, que no apoya suficientemente a los agricultores del Choapa Bajo, y que, sin embargo sería destinado a desarrollar nuevas áreas en el sector costero

- El embalse de cabecera, solicitado por los regantes del Choapa, que no está en la cartera de la DOH

- La extracción descontrolada de áridos, que altera la permeabilidad de los lechos y afecta las bocatomas de los canales.

- Las diversas modificaciones del Código de Aguas, de las cuales varias son resistidas por los regantes.

12. Planes

Se identificaron 32 planes, programas y otras iniciativas, relacionadas con el recurso hídrico, que están vigentes y en desarrollo. El Plan propuesto buscó conocer estas iniciativas, para constituirse en una propuesta complementaria y armónica. Estas iniciativas a futuro deberán ser observadas y seguidas por el Plan GIRH, tanto para realizar el seguimiento y evaluar su impacto, como para no duplicar iniciativas, y asegurar un desarrollo armónico entre ellas y el Plan GIRH Choapa.

14.3 RESULTADOS DEL TRABAJO REALIZADO

1. Talleres y entrevistas

Se logró el objetivo de todos los talleres, que fueron los siguientes:

- levantar los problemas que podrían formar parte de un Plan
- definir los partícipes de la gobernanza
- acercar a la gente al modelo WEAP
- definir con los partícipes los escenarios a simular
- elaborar y trabajar una proposición de gobernanza (corporación)
- levantar en detalle el contenido del Plan
- realizar una actividad de cierre, que contó con el compromiso de todos los partícipes

También se cumplió el objetivo de las giras de entrevistas, que fue el de profundizar las opiniones recogidas en los talleres, y especificar y concretar más las inquietudes y

problemas sentidos por la gente en la cuenca, de modo de proponer las soluciones más adecuadas.

Finalmente, se levantó una visión para la cuenca, que fue la siguiente:

"El Plan GIRH Choapa trasciende los gobiernos, perdura en el tiempo, es sustentable y responsable con las futuras generaciones, construye confianza entre los partícipes, entrega herramientas y productos para continuar en el camino de la GIRH y permite tomar decisiones en base al uso racional del agua para la vida, la producción y el medio ambiente".

2. Formación de la gobernanza

El análisis de las formas posibles de organizar concretamente una GIRH dentro del marco legal vigente dio por resultado que tendría que ser una Corporación de derechos privado con fines públicos, sin fines de lucro. Una corporación pública no es viable para una GIRH en el corto plazo, pues requiere ser creada por ley. Para la corporación propuesta, se recomendó que obediecera a una Asamblea Consultiva que agrupara como partícipes a todas las instituciones con interés directo o indirecto en el tema de los recursos hídricos. Se planteó igualmente, que se formara una Junta de Socios, que aportaran el financiamiento mínimo anual como para tener un brazo ejecutivo en la cuenca, y contar con un Directorio amplio que abarcara tanto a socios como a representantes sociales no socios. El brazo ejecutivo sería una Secretaría Técnica con 4 profesionales, instalada en la cuenca, con un costo de instalación en el primer año, de unos 30 millones de pesos (habilitación oficinas, equipamiento, reclutamiento de socios, constitución de la corporación) y un costo de operación de unos 115 millones de pesos anuales (personal secretaría ejecutiva, movilización, viáticos, materiales oficina, difusión).

Al mismo tiempo se propone iniciar las modificaciones legales que puedan hacer de la GIRH una práctica más estable en el tiempo: agregar una entidad en el CA a las ya existentes, que tenga por objetivo levantar y ejecutar el Plan GIRH, y requerir que las OUA existentes adapten su quehacer al Plan GIRH vigente. Otras modificaciones legales que facilitarían una GIRH serían: posibilitar el perfeccionamiento de los derechos por oficio por parte de la DGA, eliminar la patente por no uso en zonas agotadas, restringidas y prohibidas, evaluar premios por no uso, y recalificar el uso in situ. Una modificación necesaria y mayor es la que se refiere a declarar derechos de "agua", sin especificar la fuente, lo que significaría realmente reconocer la naturaleza integrada del agua, y sin lo cual la gestión integrada conceptualmente no es posible.

3. Plan GIRH

Las acciones que configuran el Plan levantado, son estructurales y de gestión, y provienen tanto del diagnóstico como del trabajo con los partícipes en los talleres. En los talleres se identificaron los temas más sensibles y los que revisten mayor importancia o urgencia para los partícipes, de modo que son los que constituyen el primer Plan GIRH. Según se puede apreciar, estos temas se refieren fundamentalmente a la seguridad hídrica de Agua Potable y APR, a la difusión de la información y conocimiento existente, a la capacitación en tecnologías de riego, uso de modelos, al saneamiento de títulos, a los subsidios de la CNR y otros, a los nuevos embalses, al mejoramiento del control de caudales, a la creación de conciencia medioambiental, al

control de la contaminación, al establecimiento de normas adecuadas, al control de la extracción de áridos, a la creación de planes para enfrentar eventos extremos y al cumplimiento del Acuerdo de Salamanca.

Las acciones del Plan se ordenaron de acuerdo con las dimensiones que establece el Banco Mundial: Agua potable y saneamiento, seguridad hídrica económica, medio ambiente y calidad, eventos extremos y paz social. Para evaluar los avances, resultados y efectos del Plan, se proponen indicadores de proceso, resultados e impacto, y una evaluación de ellos en el momento actual, como línea base.

Las recomendaciones que surgen del diagnóstico realizado, no incluidas en el presente Plan, podrán ser reevaluadas en las sucesivas revisiones bianuales del Plan.

4. Modelo WEAP

El modelo integrado WEAP es una poderosa herramienta de gestión, muy versátil en cuanto a las respuestas que es capaz de dar frente a las preguntas cuantitativas sobre el recurso hídrico.

El modelo permite anticipar y evaluar técnicamente los efectos de diversos cambios sobre el sistema hídrico, como cambios en el clima, en la infraestructura, en el área cultivada, en el tipo de cultivos, en las extracciones subterráneas, y otros, lo que es muy útil para apoyar la toma de decisiones. También entrega los resultados necesarios como para realizar evaluaciones económicas.

En la versión utilizada del modelo WEAP, la modelación de las aguas subterráneas es simplificada. Sin embargo, el modelo WEAP permite el acoplamiento con el modelo MODFLOW, que permite una representación más detallada.

No obstante lo señalado, no hay que perder de vista que se trata de una representación simplificada de la realidad, por lo que no es adecuado tomar por ciertos, los valores individuales de algunas variables como, por ejemplo, los de la interacción río-acuífero, que pueden tener gran incertidumbre. Es necesario cuidar de no "sobreinterpretar" los resultados.

El modelo debe considerarse una herramienta dinámica. Algunos avances que se debe considerar realizar en el modelo existente, en la medida que haya acceso a mayor información, son:

- revisión de los acuíferos, tamaño y coeficiente de almacenamiento
- ampliación del área potencial del cultivo
- revisión de los porcentajes de pérdidas desde los canales
- revisión de los métodos de riego y sus porcentajes de percolación y derrame asociados
- actualización de reglas de operación de embalses, si corresponde
- cualquier otra corrección en el patrón de escurrimiento que se revele como necesaria a medida que se entiende mejor el sistema hídrico integral

Un aspecto de difícil manejo del modelo WEAP es la extracción de resultados. La visualización completa de todos los resultados, para poder saber qué es lo que el modelo realmente está calculando, es un aspecto difícil de lograr, dada la forma en que deben

ser extraídos. Debe mantenerse el contacto con el Stockholm Environment Institute (SEI), para analizar la forma de mejorar este aspecto.

Entre los resultados obtenidos en este estudio, se pueden señalar los siguientes:

- cuantificación de extracciones
- nociones sobre la interacción superficial-subterránea
- comportamiento de los acuíferos frente a diferentes acciones, como cambio climático, intensificación de la extracción, incorporación de nuevas obras como embalses (que los favorecen), revestimiento de canales, tecnificación del riego
- demanda de agua por uso, por cultivo, por zona de riego, y agregado por cuenca
- seguridad de riego en diversos escenarios

5. Evaluación económica

Para realizar la evaluación económica de los escenarios modelados, fue necesario estimar los costos de las obras asociadas a cada uno de ellos, y los ingresos. Estos últimos se obtuvieron a partir del uso agrícola.

Los resultados muestran que el aumento de ingresos no justifica las inversiones en tecnificación de riego ni revestimiento de canales, lo que explica la necesidad de subsidiar este tipo de obras. La evaluación económica del embalse de cabecera también entregó un resultado fuertemente negativo.

6. Exploración de la evaluación económica con WEAP

Una de las evidentes ventajas de esta herramienta integrada proviene del hecho que el cálculo de los ingresos agrícolas, de los costos de operación de los pozos y de los costos de inversión se lleva a cabo internamente en WEAP, y se alimenta en forma dinámica de los resultados del modelo hidrológico. De esta forma se hace también visible la información económica relevante considerada en el análisis.

Esta ventaja, sin embargo, es contrarrestada por la dificultad para visualizar los resultados, por lo cual queda en evidencia que es más conveniente obtener los resultados hídricos de WEAP y realizar el análisis económico externamente. De hecho, los actuales usuarios de WEAP no usan el modelo para realizar internamente la evaluación económica de los escenarios simulados.

7. Modelación de calidad con WEAP

Si bien el modelo WEAP ofrece sólo modelos simples de calidad, estos tienen la gran ventaja de ser integrados al modelo hidrológico, lo que permite que se alimenten dinámicamente de los resultados de caudal del modelo hidrológico en cada paso de tiempo.

Las limitaciones detectadas en este caso, no son sólo propias de los modelos de calidad de WEAP, sino que corresponden más bien a la falta de datos suficientes para poder alimentarlo. Esto implica por parte del modelador la necesidad de generar sintéticamente una gran cantidad de datos, introduciendo por ese hecho una gran incertidumbre en el modelo.

Por otro lado, este análisis permitió observar que diferentes variables pueden tener evoluciones muy distintas en el espacio y en el tiempo. Es necesario tener claridad acerca de cuáles son los procesos más relevantes que explican estas evoluciones, para poder hacer los supuestos adecuados, implementar el modelo de calidad más representativo de los procesos identificados y eventualmente adaptarlo para que represente lo mejor posible la realidad observada.

8. Página web

Se diseñó un sitio de fácil acceso, que incluye el contenido medular del estudio. Además, contiene un visualizador de resultados del modelo WEAP, en el que se pueden ver todos los elementos modelados (zonas de riego, acuíferos, canales), y se pueden desplegar gráficamente todas las variables que el modelo calcula. También se puede comparar el comportamiento de una misma variable en todos los diferentes escenarios.

El sitio web incluye una pestaña llamada agenda, en la cual el administrador de la página puede incorporar los eventos que se realizarán a futuro, para mantener informados a los actores interesados.

14.4 RECOMENDACIONES A PARTIR DEL TRABAJO REALIZADO

A partir del diagnóstico y del trabajo en terreno con los partícipes, surgen diversas recomendaciones, que se presentan a continuación. Como se puede apreciar al observar el detalle del Plan (Anexo 8), estas recomendaciones están consideradas en la presente propuesta de Plan y Gobernanza, y podrán ser reevaluadas cada vez que se desee actualizar el Plan.

14.4.1 Recomendaciones específicas

Del trabajo realizado, se desprenden las siguientes recomendaciones específicas, para cada uno de los temas tratados. Muchas de estas recomendaciones están incluidas en el Plan GIRH propuesto.

- En general, la cuenca de Choapa muestra un balance de oferta-demanda positivo y podría aceptar mayor demanda, de ser requerida, pero bajo condiciones de regulación. Si bien la infraestructura de almacenamiento de aguas en la cuenca de Choapa es adecuada para la condición actual, ante eventos de sequía o incremento de demanda no será suficiente.

- Las tasas de eficiencia de riego aún son bajas. Su aumento generalmente está ligado a cambios de cultivo, buscando una mayor rentabilidad.

- En relación con los derechos de agua, se aprecia que hay gran dificultad, para muchos títulos individuales vigentes y reconocidos por las Juntas de Vigilancia, de ser saneados, inscritos en el CBR y registrados en el CPA. Sólo un 25% de los derechos superficiales consuntivos están registrados en el CPA. Debiera facilitarse, sistematizarse y completarse esta inscripción.

- En relación con las mediciones de parámetros de calidad de aguas, debieran publicarse la metodología de análisis y los límites de detección, con lo que se daría mayor credibilidad y transparencia a la información entregada.

- Se recomienda mantener un constante monitoreo en el río Cuncumén a lo largo del tiempo, tanto de aguas como de sedimentos, considerando el crecimiento de las explotaciones de Minera Los Pelambres.

- Se recomienda evaluar los depósitos de relaves, desde el punto de vista mineralógico, determinando el riesgo ante eventos extremos.

- Puntualmente, hay una localidad, Choapa, donde los habitantes sólo beben agua de bidón. En esta localidad, no cubierta por el estudio DGA 2017, se recomienda hacer análisis del agua subterránea cruda.

- Actualmente no es posible evaluar ambientalmente la cuenca del Choapa respecto a una norma de calidad de aguas. Debiera evaluarse la posibilidad de complementar las mediciones de la DGA, para lograr una caracterización completa en base a la norma NCh 1333 Of 78.

- Debiera avanzarse en el anteproyecto de Norma Secundaria de Calidad Ambiental para aguas continentales superficiales y marinas, en la cuenca del Choapa.

- Chile no cuenta con normativa asociada a la calidad de sedimentos fluviales. Sería recomendable estudiar una forma de generar una normativa que permita proteger, fiscalizar y declarar zonas saturadas. Actualmente se usan como referencia normas extranjeras. como la Guía Canadiense (CCRM, 1987) y el Real Decreto Español 60.2011.

- En cuanto a la calibración de los modelos de operación hidrológica como el WEAP u otros, es necesario considerar que las estaciones con régimen alterado son muy valiosas para la calibración de modelos operacionales como el WEAP. Se recomienda la rehabilitación de al menos dos estaciones fluviométricas: Choapa en Limáhuida y Chalinga en Chalinga, y la intensificación del monitoreo de los acuíferos.

- Se retoma la recomendación del estudio DGA − CONIC BF (2013), de instalar dos estaciones de monitoreo de nieves, una en el río Tres Quebradas (cabecera Illapel) y otra en el río Totoral (cabecera Choapa), para alimentar modelos de pronóstico de temporada.

- En relación con el control de crecidas, se recomienda implementar las medidas pendientes como la formulación de modelos de pronóstico de corto plazo, la aplicación de la ley de embalses para control de crecidas, los planes maestros de manejo de cauces (en desarrollo) y la política nacional de gestión de riesgo de desastres de 2016.

- En relación con las sequías, la principal recomendación emanada de los diversos estudios de modelación llevados a efecto en la cuenca, ha sido la de explorar el acuífero como fuente complementaria de recursos hídricos, y estudiar su

comportamiento a través de pozos existentes o pozos de sequía. Una adecuada gestión de los acuíferos podría aportar agua en tiempos de abundancia y también de sequía.

- En el tema de agua potable, durante la sequía ha habido dificultades de abastecimiento en el área rural (APR). Al respecto, se recomienda explorar la disposición de las Juntas de Vigilancia, para aportar los litros por segundo que estas localidades requieren. Esta opción debe gestionarse antes de pensar en plantas desaladoras para estos fines.

- Respecto de la entrada en vigencia de la nueva ley de Servicios Sanitarios Rurales, ésta busca lograr la profesionalización de la gestión, una mejor cobertura y el saneamiento mediante alcantarillado, de toda la población rural. Se hará necesario realizar un diagnóstico cuidadoso, para aprovechar y mejorar los sistemas de saneamiento individual donde ya existen, evitar la concentración innecesaria del agua servida en sistemas de alcantarillado, y la consiguiente necesidad de tratamiento en plantas de las aguas servidas. Este tipo de solución requeriría un aumento significativo del nivel técnico de administración para que estos sistemas funcionen adecuadamente, y elevaría fuertemente los costos del servicio para la población rural.

- El modelo WEAP entregado con el presente estudio, debe considerarse una herramienta dinámica, sobre la cual deben realizarse mejoras en la medida que mejore la información de entrada, o el conocimiento acerca de los patrones de escurrimiento.

- La representación simplificada de los acuíferos mediante el modelo WEAP, se presta para explorar en forma general la gestión de ellos, y analizar su comportamiento en años húmedos y secos. Para el análisis de su comportamiento en forma más detallada, es necesario acoplar un modelo de aguas subterráneas. De todas formas, se recomienda buscar la forma óptima de gestionar esta capacidad de almacenamiento natural, aprovechando al máximo los recursos disponibles, sin perjudicar los derechos ya constituidos tanto superficiales como subterráneos.

- Un aspecto de difícil manejo del modelo WEAP es la extracción de resultados. Se sugiere mantener contacto con el Stockholm Environment Institute (SEI), para analizar la forma de mejorar este aspecto.

- Se recomienda mantener actualizada la página web, de modo de mantener informada y comunicada a la comunidad de actores o partícipes interesados en los recursos hídricos.

14.4.2 Recomendaciones para una GIRH en la cuenca del choapa

- La proposición de un tipo de organización existente en el marco legal chileno, como la Corporación de derecho privado con fines públicos, permitirá iniciar una GIRH en el corto plazo. La iniciativa deberá incluir los servicios públicos, entes privados y asociaciones ciudadanas en igualdad de condiciones, mantenerse como un ente técnico y no transformarse en un ente de manejo político.

- La mencionada Corporación se plantea como una entidad provisoria, destinada a cubrir una necesidad emergente mientras se adapta la ley chilena configurando una entidad integradora, del tipo Consejo del Agua.

- Las decisiones consensuadas requieren inversión de tiempo y esfuerzo de todas las partes, inversión que sólo se realiza si todas las partes se ven beneficiadas. La motivación para participar, es la mejora esperada de la gestión de los recursos en el corto, mediano y largo plazo, con beneficios específicos, tales como: inclusión de proyectos sentidos por la comunidad, seguridad de suministro para la población y actividades productivas, conservación de ecosistemas, mejora en la calidad del agua y reducción de conflictos. Sólo podrá mantenerse en el tiempo una institución que ofrezca un aumento permanente en el bienestar y la armonía de la población relacionada con el recurso hídrico.

- Gran parte del objetivo de una GIRH se logra con el hecho de coordinar y poner en contacto a las instituciones públicas, entes privados y asociaciones ciudadanas en igualdad de condiciones. La novedad del tema es la de adjuntar a la comunicación y coordinación institucional, la visión de los entes privados, lo que puede resultar en una mejor planificación, en una mejor definición de las estrategias propias de cada institución, en la aplicación más eficiente de los subsidios, en definitiva, en una estructura en que "todos ganan", que es justamente el objetivo último de una gobernanza.

- La implementación exitosa de una gobernanza para la GIRH requiere de un financiamiento base mínimo para poder iniciarse, con fuentes claramente identificadas. En el presente estudio, la fuente de financiamiento se radica en los socios de la Corporación propuesta. Los servicios públicos pueden ser socios concurriendo con una cuota de incorporación y anual, lo que debe quedar establecido en la ley de Presupuesto, bajo la glosa de Transferencias Corrientes al Sector Privado. El sector privado puede hacer aportes anuales.

- De esta forma, la GIRH puede iniciarse sin cambios legales, y a bajo costo. En el camino se podrán hacer los ajustes legales y presupuestarios, cuando éstos se perfilen más claramente a partir de la experiencia de la realidad.
- Las necesidades que actualmente una GIRH podría cubrir, son principalmente la coordinación interinstitucional, la difusión y gestión de la información existente, que no ha estado al alcance de todos, y el establecimiento de una visión compartida que permita planificar la gestión del recurso.

- Un análisis de las atribuciones de las instituciones públicas a nivel regional muestra que las instituciones existentes tienen, por mandato, una función coordinadora que cumplir, que abarca no sólo las instituciones públicas, sino que también las privadas.

- Una entidad para la GIRH, provisoria o legalmente formalizada, haría más específico el cumplimiento de este mandato, para el tema del recurso hídrico.

- Las modificaciones legales que se recomienda iniciar, permitirían hacer la GIRH más estable en el tiempo: agregar una entidad en el CA a las ya existentes, que tenga por objetivo levantar y ejecutar el Plan GIRH, y requerir que las OUA existentes adapten su quehacer al Plan GIRH vigente.

- Otras modificaciones legales que facilitarían una GIRH serían: posibilitar el perfeccionamiento de los derechos por oficio por parte de la DGA, eliminar la patente por no uso en zonas agotadas, restringidas y prohibidas, evaluar premios por no uso, y recalificar el uso in situ.

- Una modificación necesaria y mayor es la que se refiere a declarar derechos de "agua", sin especificar la fuente, lo que significaría realmente reconocer la naturaleza integrada del agua, y facilitaría conceptualmente la gestión integrada de los recursos hídricos.

14.5 CONCLUSIÓN FINAL

- La necesidad de una GIRH es la consecuencia del crecimiento demográfico, que requiere seguridad hídrica (en cantidad y calidad) para todas las actividades humanas, las actividades productivas, un entorno saludable y la paz social.

- El objetivo de este proyecto piloto es mostrar que, si hay voluntad ciudadana, a partir de la conformación de una Corporación, se puede:

    - Comenzar con la GIRH dentro del marco legal existente, mientras se adapta éste a la nueva realidad
    - Operar con un financiamiento razonable, de fuente mixta, público-privada
    - Mantener la GIRH fuera del ámbito de la política de turno, y enfocar la visión en el largo plazo, mediante una institucionalidad propia con personal técnico dedicado a este tema.

- Algunas iniciativas anteriores no han perdurado en el tiempo, debido a la intención de reunir en una gobernanza las atribuciones de muchas otras instituciones, por requerir grandes y profundas modificaciones legales, por requerir una gran cantidad de dinero para hacerlas operativas, o por depender de estructuras políticas.

- Todo ello justifica una nueva aproximación, esta vez desde una postura técnica, inicialmente voluntaria, de apoyo al quehacer y de coordinación de todas las entidades comprometidas con el agua, que aporte una visión consensuada y de largo plazo, a un costo razonable, con beneficio para todos los involucrados.

- Algunos casos exitosos a nivel internacional, básicamente tienen dos aspectos en común:

    - Una gobernanza formal creada por ley, con una fuente estable de financiamiento
    - Un plan, o lista de medidas priorizadas, caracterizada por el pragmatismo, el realismo y la participación ciudadana en la identificación de necesidades y problemas, y una fuerte coordinación, cooperación y comunicación entre todos los actores o partícipes interesados: el Estado, el sector privado / productivo, la academia y el sector civil.

- Considerando el hecho de que en Chile no hay un marco legal para la GIRH, pero ya ha emergido la necesidad de realizarla, el proyecto piloto de Choapa estuvo enfocado en:

    - La propuesta de una entidad, que resultó ser una Corporación de derechos privado con fines públicos y sin fines de lucro, de representación amplia y con financiamiento mixto, privado y público.
    - El levantamiento de un Plan a partir de un diagnóstico técnico y los requerimientos de los actores, los que fueron convocados en 6 oportunidades durante el estudio, escuchados y considerados en sus planteamientos, tanto para el Plan como para la Gobernanza propuestos.
    - El desarrollo de una herramienta de simulación para la exploración de escenarios y el apoyo a la toma de decisiones
    - El desarrollo de una página web y un visualizador de resultados de la modelación, que permite la difusión del conocimiento existente, y del que se vaya adquiriendo durante los procesos y estudios.

- Una modificación legal que creara una entidad para la GIRH, que se implementara donde surgiera la necesidad, facilitaría la coordinación interinstitucional.

- Una modificación legal que reconociera derechos de "agua", y con ello eliminara la competencia entre las diferentes fuentes, facilitaría técnicamente la gestión integrada de los recursos hídricos.

-

15 BIBLIOGRAFÍA CITADA

A continuación se presenta la bibliografía citada en el texto, ordenada alfabéticamente. La bibliografía se presenta en cuatro partes: la bibliografía solicitada en los TR con desarrollo de fichas, la bibliografía adicional revisada con desarrollo de fichas, la bibliografía adicional citada en el texto sin desarrollo de fichas y las páginas web.

15.1 BIBLIOGRAFÍA CON FICHAS SOLICITADA EN LOS TR

CORFO − Hidrogestión, 2016. Modelación hidrogeológica de acuíferos de la cuenca del río Choapa

CRDP Coquimbo − CAZALAC, 2014. Estrategia regional de Recursos Hídricos por cuenca 2014-2030

DGA, 1987. Balance Hídrico de Chile

DGA, 1991. Mapa Hidrogeológico Nacional

DGA, 1996. Mapa Hidroquímico Nacional

DGA, 2007. Evaluación de los recursos hídricos subterráneos de la cuenca del Choapa: informe técnico Nº 248, DGA (Departamento de Administración de Recursos Hídricos)

DGA, 2014. Pronóstico de disponibilidad de agua: temporada de riego 2013-2014 (División de Hidrología)

DGA − AC Ingenieros Consultores, 2006. Levantamiento de información sobre derechos no inscritos susceptibles de regularizar: cuenca de los ríos Huasco, Elqui, Limarí y Choapa (Departamento de Estudios y Planificación)

DGA - AC Ingenieros Consultores Ltda., 2012. Investigación recarga artificial de acuíferos cuencas del río Choapa y Quilimarí, Región de Coquimbo / Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, División de Estudios y Planificación.

DGA − Aquaterra Ingenieros Ltda., 2009. Actualización y complementación de información de organizaciones de usuarios (Unidad de Fiscalización)

DGA − Aquaterra Ingenieros Ltda., 2013. Determinación de caudales de reserva en las regiones VII y VIII (Departamento de Administración de Recursos Hídricos)

DGA − Ayala, Cabrera y Asociados Ingenieros Consultores, 2007. Estimaciones de demanda de agua y proyecciones futuras en zona I norte: regiones I a IV (Departamento de Estudios y Planificación)

DGA - CADE-IDEPE, 2004. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad (Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos)

DGA – CONIC BF, 2013. Listado de derechos de agua afectos a pago de patente, actualización y seguimiento, proceso de pago año 2014 (Unidad de Fiscalización)

DGA – Infraestructura y Ecología S.A., 2014. Análisis crítico de la red de calidad de aguas superficiales y subterráneas de la DGA (Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos)

DGA – IPLA, 1996. Análisis uso actual y futuro de los recursos hídricos de Chile. informe final (Departamento de Estudios y Planificación)

DGA – Nicolás Jadue Majluf, 2012. Análisis vocación productiva regional para la gestión de los recursos hídricos IV región (Departamento de Estudios y Planificación)

DIRPLAN, 2012. Plan Infraestructura y gestión del Recurso Hídrico al 2021. http://www.dirplan.cl/planes/regional/download/PRIGRH_Region_Coquimbo.pdf

GORE – CONIC BF, 2013. Diagnóstico Plan Maestro para la Gestión de Recursos Hídricos, Región de Coquimbo

INE, 2002. Censo Población y Vivienda

INE, 2012. Censo Población y Vivienda

15.2 BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL CON FICHAS

Agarwal, Chetan, et al. A review and assessment of land-use change models: dynamics of space, time, and human choice. 2002.

Antofagasta Minerals - Centro de Cambio Global UC, 2012. Análisis de la vulnerabilidad futura de la Cuenca del río Choapa y estero Pupío

Bakker, K. y C. Morinville, 2013. The governance dimensions of water security: a review. Philosophical Transactions of the Royal Society A 371: 20130116.

Ballestero, M., Brown, E., Jouravlev, A., Küffner, U., y Zegarra, E. 2005. *América Latina: situación actual y perspectivas*. CEPAL, Naciones Unidas: 13-32.

Banco Mundial, 2013. *Estudio para el mejoramiento del marco institucional para la gestión del agua.* Unidad de Ambiente y Aguas, Departamento de Desarrollo Sostenible, Región para América Latina y el Caribe, 28 de Junio de 2013, para Gobierno de Chile

Biswas, A. K. 2008. Integrated Water Resources Management: Is it working?. *International Journal of Water Resources Development,* 24(1): 5-22.

Biswas, A. K. 2004. Integrated Water Resources Management: A Reassessment. *Water International*, 29(2), 248-256. doi: 10.1080/02508060408691775

Biswas, A. 2001. Water policies in the developing world. *International Journal of Water Resources Development,* 17 (4): 489-499.

CRDP - RODHOS, 2014. Estudio de modelos de gestión de recursos hídricos superficiales y subterráneos, para las cuencas de las provincias de Elqui, Limarí y Choapa, RODHOS para CRDP Coquimbo.

CRDP - RODHOS, 2015. Estudio de modelos de gestión de recursos hídricos superficiales y subterráneos, para las cuencas de las provincias de Elqui, Limarí y Choapa, Coquimbo. Addendum.

CRDP − ULS, 2016. Análisis modelación embalses de precordillera

Cook, C., Bakker, K. 2012. Water security: debating an emerging paradigm. Global Environmental Change 22: 94-102.

DGA − CAZALAC, Abril-Diciembre 2008. Apoyo técnico para la Mesa Regional del Agua en la Región de Coquimbo y desarrollo de estrategias regionales del recurso hídrico.

Delgado, L., P. Bachmann y B. Oñate, 2007. Gobernanza ambiental: una estrategia orientada al desarrollo sustentable local a través de la participación ciudadana. Revista Ambiente y Desarrollo 23 (3): 68- 73.

Doukkali, M. 2005. Water institutional reforms in Morocco. *Water Policy,* 7 (1): 71-88.

García, R. 2014. Democracia y participación en los gobiernos locales: su importancia para la gestión pública y gobernanza locales en México. Revista Mexicana de análisis Político y Administración Pública. Volumen III, número 1: 91-120.

GORE - CAZALAC/RODHOS, 2006. Aplicación de metodologías para determinar la eficiencia de uso del agua. Estudio de caso Región de Coquimbo, para Gobierno Regional de Coquimbo

Giordano, M., & Shah, T. 2014. From IWRM back to integrated water resources management. *International Journal of Water Resources Development*, 1-13. doi: 10.1080/07900627.2013.851521

Gray, D y Sadoff, C., Water policy 9, 2007. Sink or swim? Water secutiry for growth and development.

Grigg, N. S. 1996. *Water resources management*, Wiley Online Library.

Guzmán-Arias, I., & Calvo-Alvarado, J. 2012. Planificación del recurso hídrico en América Latina y el Caribe. *Tecnología en Marcha*, 26(1), 3-18.

GWP, Global Water Partnership. 2012. Gobernanza del Agua. IWRM Toolbox. http://www.gwp.org/es/TOOLBOX/TEMAS-TRANSVERSALES/Agua-y-Gobernanza/ (Accedido el 20 de octubre de 2016).

GWP, Global Water Partnership. 2009. Australia: The Murray-Darling Basin Commission. Case Study 25. http://www.gwp.org/en/ToolBox/CASE-STUDIES/Australia/Australia-The-Murray-Darling-Basin-Commission-25/ (Accedido el 10 de noviembre de 2016).

Jeffrey, P., & Gearey, M. 2006. Integrated water resources management: lost on the road from ambition to realisation? *Water Science & Technology,* 53(1), 1. doi: 10.2166/wst.2006.001.

Jianping, W., & Haizhou, M. 2014. The effectiveness of small-to-medium river basin organizations in China: a case study of the Erhai Lake Basin Management Commission. *International Journal of Water Resources Developmen*t, 1-15. doi: 10.1080/07900627.2014.935979.

Klijn, E.-H. & Koppenjan, J. F. 2000. Public management and policy networks: foundations of a network approach to governance. *Public Management an International Journal of Research and Theory*, 2, 135-158.

Mehta, L., Alba, R., Bolding, A., Denby, K., Derman, B., Hove, T., . . . Koppen, B. V. 2014. The politics of IWRM in Southern Africa. *International Journal of Water Resources Development*, 1-15. doi: 10.1080/07900627.2014.916200.

Mitchell, B., Bellette, K., & Richardson, S. 2014. Integrated' approaches to water and natural resources management in South Australia. *International Journal of Water Resources Development*, 1-14. doi: 10.1080/07900627.2014.979399

Mitchell, B., Priddle, C., Shrubsole, D., Veale, B., & Walters, D. 2014. Integrated water resource management: lessons from conservation authorities in Ontario, Canada. *International Journal of Water Resources Development*, 30(3), 460-474. doi: 10.1080/07900627.2013.876328

OCDE. 2012. *Gobernabilidad del Agua en América Latina y el Caribe: Un enfoque multinivel*, OECD Studies on Water, OECD Publishing. http://dx.doi.org/10.1787/9789264079779-es.

OCDE. 2011. *Water Governance in OECD Countries: A Multi-level Approach*, OECD Studies on Water, OECD Publishing.

Ostrom, E. 1998. The institutional analysis and development approach. *Designing institutions for environmental and resource management*, 68-90.

Peña, H., Brown, E., Ahumada, G., Berroeta, C., Carvallo, J., Contreras, M., …, et al. 2011. *Temas Prioritarios para una Política Nacional de Recursos Hídricos.* Instituto de Ingenieros de Chile, Comisión de Aguas.

Peña, H. & Solanes, M. 2003. La gobernabilidad efectiva del agua en las Américas: un tema crítico. GWP Secretariat.

Peña, H. 2000. Desafíos a las Organizaciones de Usuarios en el Siglo XXI. III Jornadas de Derecho de Aguas.

Perevochtchikova, M., & Arellano-Monterrosas, J. L. 2008. Gestión de cuencas hidrográficas experiencias y desafíos en México y Rusia. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 4(3), 313-325.

Piñeiro, D. 2004. Movimientos sociales, Gobernanza Ambiental y Desarrollo Territorial Rural. 47 pp. Disponible en WWW: http://www.fiaes.org.sv/library/gobernanza.pdf, citado 15 de septiembre de 2016.

Pochat, V. 2008. Principios de gestión integrada de los recursos hídricos: Bases para el desarrollo de planes nacionales. Global Water Partnership, Central-América.

Rogers, P. & Hall, A. W. 2003. *Effective water governance*, Global water partnership. https://dlc.dlib.indiana.edu/dlc/bitstream/handle/10535/4995/TEC+7.pdf?sequence=1

Rouillard, J. J., Benson, D., & Gain, A. K. 2014. Evaluating IWRM implementation success: are water policies in Bangladesh enhancing adaptive capacity to climate change impacts? *International Journal of Water Resources Development,* 1-13. doi: 10.1080/07900627.2014.910756

Saleth, R. y Dinar, A. 2005 Institutional reforms. Theory and practice. *Water Policy*, 7 (1): 1-19.

Samad, M. 2005. Water institutional reforms in Sri Lanka. *Water Policy*, 7 (1): 125-140.

Shah, T., & Koppen, B. V. 2006. Is India Ripe for Integrated Water Resources Management? Fitting Water Policy to National Development Context. *Economic and Political Weekly*, 41(31), 3413-3421. doi: 10.2307/4418534

Solanes, M. y González-Villarreal, F. 2001 Los principios de Dublín reflejados en una evaluación comparativa de ordenamientos institucionales y legales para una gestión integrada de agua. TAC Background papers 3: 32, Global Water Partnership.

Suhardiman, D., Clement, F., & Bharati, L. 2015. Integrated water resources management in Nepal: key stakeholders' perceptions and lessons learned. *International Journal of Water Resources Development*, 1-17. doi: 10.1080/07900627.2015.1020999

15.3 BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL CITADA EN EL TEXTO

Agraria Ltda., 2009. Estudio de Formulación de Planes Marco de Desarrollo Territorial para la IV Región. Territorio cuenca del Choapa. Segundo Informe "Línea base y Programa Marco de Desarrollo Territorial". 92 p. Disponible en: http://www.subdere.gov.cl/documentacion/programa-pirdt-planes-marco-de-desarrollo-territorial-versi%C3%B3n-10-octubre-2009-0.

Aguilera Casanueva, Karina Andrea, Tesis de pregrado, 2008. Evaluación de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos en la cuenca hidrográfica del río Choapa, Región de Coquimbo. Otros autores: Molina Paredes, Ximena

Andrew Slaughter, Sukhmani K Mantel, Denis A Hughes and Bret Whiteley, 2011. Expected Climate Change and Non-Climate Related Changes (Quantity, Quality and their Integration), Institute for Water Research, Rhodes University, WRC Report No K5/2018/5.

Ballweber, Jefferey, 2006. A Comparison of IWRM Frameworks: The United States and South Africa. Universities Council on Water Resources Journal of Contemporary Water Research & Education Issue 135, Pages 74-79

Banco Mundial, 2011. Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos. Santiago, Chile: Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Chile.

Banco Mundial, 2014. Plan para el mejoramiento institucional de la DGA, Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas de Chile.

Barros B. (2007). Derecho Civil I: Personas Jurídicas. Facultad de Derecho, Universidad de Chile.
Bowen, H. J. M. 1979. Enviromental Chemistry of the elements., Academic Press, London, New York.

Cañez, Antonio, 2015. La gestión integrada de recursos hídricos en la política federal del agua: propuesta para la nueva Ley General de Aguas en México. Gestión y Análisis de Políticas Públicas, Nueva Época, no 13 enero-junio 2015 ISSN: 1989-8991

Casas, J. M., 1989. Estudio de la contaminación por metales pesados de la cuenca del Cardener. Tesis Doctoral 00 271.

CNR, 2004. Diagnóstico Base de los Embalses El Bato y Corrales, IV Región

CNR − Everis Infraeco, 2016. Estudio Básico Diagnóstico para Desarrollar Plan de Riego en Cuenca Del Choapa Y Quilimarí. Informe Final.

CNR − Ingendesa, 1995. Estudio integral de riego proyecto Choapa.

CNR − River Consultores, 2013, Estudio básico Diagnóstico de la situación legal de las organizaciones de usuarios de agua, regiones IV, V y XIII

CNR, s/i. Anexo organizaciones de regantes Río Chalinga. Programa aplicación desarrollo territorial pequeños agricultores, Provincia del Choapa. Código BIP 20192680-0.

Código de Aguas versión modificada 2005

CONAF región de Coquimbo, Unidad de Gestión Patrimonio Silvestre, 1996. Documento de Trabajo N° 233 Plan de manejo Reserva Nacional Las Chinchillas

CONAF, 2002. Catastro y evaluación de usos del suelo y vegetación, Cuarta Región (actualización catastro, región de Coquimbo). 32 pp.

CONAGUA, 2004. Subdirección General de Programación, Gerencia de Planeación Hidráulica. La Gestión Integrada de Recursos Hídricos en México: Nuevo Paradigma en el Manejo del Agua
http://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/gest_integra_recursos_hidricos_cuenca.pdf

CONAGUA, 2016. Ley Federal de Derechos. Disposiciones Aplicables en Materia de Aguas Nacionales. 168 p.

CONIC-BF, 2013. Diagnóstico Plan Maestro Para la Gestión de Recursos Hídricos, Región de Coquimbo.

Corporación Innovación y Ciudadanía, 2013. Apoyo para un diálogo social inclusivo sobre los recursos hídricos del territorio. Documento de Trabajo. 68 p.

CRDP – CAZALAC, 2016. Investigación de soluciones innovadoras para el abastecimiento de agua,. http://www.cazalac.org/2015/index.php?id=153

CRDP - ULS, JVRCH, 2017: Programa de Difusión Tecnológica en uso eficiente de los recursos hídricos y la optimización de las inversiones público-privadas en obras de riego extra e intra predial en el área de influencia de la Junta de Vigilancia del Río Choapa y sus Afluentes, 2017
Delegado Presidencial para los Recursos Hídricos. 2014. Análisis de la situación hídrica en Chile. G. d. C. Ministerio del Interior.

Denis A Hughes, Sukhmani K Mantel and Andrew Slaughter, 2011. Quantifying Water Quantity and Quality Impacts Associated with Climate Change: Preliminary Results for the Buffalo River System, Institute for Water Research, Rhodes University, WRC Report No K5/2018/2

DGA, Inforrme Técnico IT DARH Nº 351, 2012

DGA, Informe Técnico IT DARH Nº 220, 2009

DGA - CCG-UC (2016b). Análisis de la variación de caudales del río Las Chinas y río Serrano, Región de Magallanes y Antártica Chilena

DGA – Centro Nacional del Medio Ambiente, 2010. Análisis de la Composición Físico Química de los Sedimentos Fluviales y su Relación con la Disponibilidad de Metales en Agua, Cuenca del Río Choapa

DGA – CONIC BF, 2002. Levantamiento y Catastro de Bocatomas en Cauces Naturales, III Etapa

DGA - CONIC-BF, 2013. Diagnóstico plan maestro para la gestión de recursos hídricos, Región de Coquimbo

DGA – Coyne et Bellier-Europact, Diciembre 1995. Gestión de los recursos hídricos. Corporación de Cuenca del río BíoBío. SIT Nº 32

DGA - Infraestructura y Ecología S.A, Diciembre 2014. Análisis crítico de la red de calidad de aguas superficiales y subterráneas de la DGA

DGA - REG, 1991. Estudio de síntesis de catastros de usuarios de agua e infraestructuras de aprovechamiento. 246 pp

DGA – RODHOS 2010. Determinación de los umbrales de alerta de caudales, lluvias y temperaturas del sistema de transmisión de datos de la DGA. SIT Nº 202.

DIRPLAN 2000. Plan Director de Infraestructura Chile 2000 – 2010 Etapa II

FIA - CCG-UC (2013). Desarrollo de un sistema de soporte a la toma de decisiones para la planificación y fomento del riego

Fondo de Protección Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente - Junta de Vigilancia del Río Choapa y sus afluentes, Diciembre 2010. Investigación para el resguardo de ecosistemas acuáticos en la cuenca del río Choapa

Gallardo, J. 2006. Expansión del límite urbano de la ciudad de Salamanca y los impactos derivados en su espacio agrícola. Memoria para optar al título profesional de Geógrafo. Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, 207 p.)

García, L., 1998. Manejo integrado de los recursos hídricos en América Latina y el Caribe. Informe técnico para el BID. Washington DC. EE.UU. https://publications.iadb.org/handle/11319/4823?locale-attribute=pt&
Gest'Eau. Comunidad de los actores de la gestión integrada del agua en Francia, http://www.gesteau.eaufrance.fr/

Global Water Partnership. (2000). Integrated Water Resources Management. TAC Background Papers N° 4. Technical Advisory Committee, Global Water Partnership, Stockholm, Sweden. www.gwpforum.org

Global Water Partnership. (2004). Catalyzing Change: A Handbook for Developing Integrated Water Resources Management (IWRM) and Water Efficiency Strategies. Technical Advisory Committee, Global Water Partnership, Stockholm, Sweden. www.gwpforum.org

GORE - CAZALAC, 2011. Modelo para la gestión hídrica de la cuenca de Huasco: Evaluación de caudal ambiental y valorización de servicios hidrológicos. Vallenar, Chile. 58p

Hamed Assaf and Mark Saadeh, October 2008. Assessing water quality management options in the Upper Litani Basin, Lebanon, using an integrated GIS-based decision support system. Environmental Modelling & Software, (23) 2008, pp 1327-1337

Herrera, B. y J. Sandoval, 1973. Capacidad de Uso de la Tierra. Provincias de Atacama a Magallanes, Instituto de Investigación en Recursos Naturales – CORFO

IAI, 2008. Efectos de la biodiversidad funcional sobre procesos ecosistémicos, servicios ecosistémicos y sustentabilidad en las Américas: un abordaje interdisciplinario. Universidad Nacional de Córdoba, Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal. CONICET, Departamento de Desarrollo Rural, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Financiado por Inter-American Institute for Global Change Research

IDRC Canadá - CCG-UC (2016a). Vulnerabilidad y adaptación a la variabilidad y al cambio climático en la cuenca del río Maipo en Chile Central – Proyecto MAPA

Institute for Water Resources, U.S. Army Corps of Engineers, 2014. Aspects of Governing Water Allocation in the U.S. 136 p

Instituto de Ingenieros de Chile, 2011. Temas Prioritarios para una Política Nacional de Recursos Hídricos.

Junta de Vigilancia Río Choapa − INIA Intihuasi, 2015. Seguimiento Ambiental Integral, 2001-2014

Lascoumes y Le Gales, 2005. Gouverner par les instruments

Lenton, R, Wright, A., and Lewis, K. (2005). UN Millenium Project Task Force on Water and Sanitation, Final Report. Health, Dignity, and Development, What will it Take?Earthscan in the UK and USA

María Fernanda Jaramillo, Alberto Galvis, Marisa Escobar, Laura Forni, David Purkey, Jack Sieber, Gabriel Lozano, César Rodríguez, Juan Castaño and Carlos Sabas, September 2016. Integración de los modelos WEAP y QUAL2K para la simulación de la calidad agua de fuentes superficiales. Caso de estudio: Cuenca del Río la Vieja, Colombia, Aqua-LAC, Vol. 8, No. 2, pp. 14-24

Mesa del Agua del río Cuncumén, 2015. Informe Técnico Calidad de Aguas Superficiales, Subterráneas y Sedimentos Fluviales de Cuncumén, 2012-2014

MIDEPLAN, 2000. Metodología de evaluación ex ante de Programas Sociales. Serie: Material de Apoyo a la Planificación Social Documento de Trabajo Nº 4

MOOC Gestión del agua y de los medios acuáticos, Mairie 2000 (Asociaciones de alcaldes de Francia) http://www.mairie2000.asso.fr/mooc/eau/index.php
Les schémas d'aménagement et de gestión des eaux.

OECD, 2011. Water Governance in OECD Countries: A Multi-level Approach, OECD Studies on Water, OECD Publishing

OECD, 2012. Water Governance in Latin America and the Caribbean: A Multi-Level Approach. Paris, France, OECD Publishing

OECD, 2012. Akhmouch, A., 2012, "Water Governance in Latin America and the Caribbean: A Multi-Level Approach. Regional Development Working Papers, 2012/04, OECD Publishing. http://dx.doi.org/10.1787/5k9crzqk3ttj-en

OECD, 2012. Akhmouch, A. (2012), Gobernabilidad del Agua en América Latina y el Caribe : Un enfoque multinivel, Éditions OCDE. http://dx.doi.org/10.1787/9789264079779-es

Orphanópoulos y Dumoulin, 2015. Metodología para exploración y explotación de resultados en modelos hidrológicos integrados. XXII Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica, Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica

PNUD - CCG-UC (2014). Proyección escenario línea base 2013 y escenarios de mitigación de los sectores generación eléctrica y otros centros de transformación. Elaborado en el marco del proyecto MAPS-Chile

Rojas Moyano, M. (2014). Corporaciones y Fundaciones de Derecho Privado Creadas por Iniciativa Pública: Memoria para optar al grado de Licenciado en Ciencias Jurídicas y Sociales. Facultad de Derecho, Universidad de Chile.

Sabatier, P., 1986. Top-Down and Bottom-Up Approaches to Implementation Research: A Critical Analysis and Suggested Synthesis. Journal of Public Policy, 6(1), 21-48. doi: 10.1017/S0143814X00003846

SAG, 2005. Monitoreo ambiental de los recursos hídricos de la cuenca del río Choapa, IVª Región. Convenio Nº CHL/B7 − 310/IB/96/256

SAI, 2016. - Proyecto Seguimiento Ambiental Integral en la Cuenca del Río Choapa. Junta de Vigilancia del Río Choapa. Informe Técnico Campaña Invierno 2015, Períodos Invierno 2011-2015; Informe Técnico Etapa IV, Consolidado 2011-2015; Resumen Ejecutivo, Consolidado 2011-2015

SEMARNAT − CONAGUA., 2014. Estadísticas del agua en México. Edición 2014. México, 242 p
SEMARNAT − CONAGUA., 2014. Programa Nacional Hídrico 2014-2018. Gobierno de la República. México. 141 p

SERNAGEOMINm 2011. Atlas de Faenas Mineras, Región de Coquimbo, Mapas y Estadísticas de Faenas Mineras de Chile N° 8. Subdirección Nacional de Minería

SERNAGEOMIN, 2015. Catastro de Concesiones Mineras

SERNAGEOMIN, 2017. Efectos geológicos del sistema frontal de mayo de 2017. Región de Coquimbo, Cuenca del río Choapa

SISS, 2016. Plantas de tratamiento de aguas servidas - IV Región. Información en sitio Web: http://www.siss.gob.cl/577/w3-printer-5122.html

SISS, 2012. Informe de Gestión del Sector Sanitario

SISS, 2016. Informe de Gestión del Sector Sanitario

Solomons, W. and Förstner, U., 1984. Metals in the Hydrocycle. Springer Verlag, Berlin, 349

Sparks, D.E. 1995. Environmental Soil Chemistry. 266 p. Academic Press, San Diego, California, USA

ULS, Departamento de Biología y Centro de Estudios Ambientales del Norte de Chile, Diciembre 2014. Propuesta de Conservación Sitio Ramsar Las Salinas de Huentelauquén (Canela, Región de Coquimbo, Chile). Proyecto Fondo de Protección Ambiental 4-I-006-2012

ULS, Dirección de Investigación - Oyarzún et al, 2007. Metales pesados en sedimentos del drenaje de la cuenca del río Choapa, región de Coquimbo: interpretación geoquímica y riesgos ambientales, agosto 2005-agosto 2006

Valencia, Juan, Díaz, Juan y Lourdes Vargas. 2007. La gestión integrada de los recursos hídricos en México: Un nuevo paradigma en el manejo del agua. En: Cotler, Helena (compiladora), El Manejo Integral de Cuencas en México: Estudios y reflexiones para

orientar la política ambiental. Segunda Edición. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Instituto Nacional de Ecología. Páginas 213 − 258

Valenzuela, 2006. Análisis de los mercados del agua en la región de Coquimbo, Tesis MBA. Magister en Gestión Empresarial, Universidad Técnica Federico SantaMaría,https://catalogo.usm.cl/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=83932&shelfbrowse_itemnumber=250876)

Van Hofwegen, Paul y Frank Jaspers, 2000. Marco analítico para el manejo integrado de recursos hídricos: lineamientos para la evaluación de marcos institucionales, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Washington, D.C.

Vergara, Alejandro, Daniela Rivera, Valeria Moyano, Guillermo Donoso, Elisa Blanco. 2013. Aguas y Energía: Propuestas para su autogobierno y resolución especializada de conflictos Concurso de Políticas Públicas 2013. Pontificia Universidad Católica de Chile. Vicerrectoría de Comunicaciones y Asuntos Públicos

Vicuña, S., Garreaud, R. D., & McPhee, J., 2011. Climate change impacts on the hydrology of a snowmelt driven basin in semiarid Chile. Climatic Change, 105(3-4), 469-488

WRI (World Water Resouces Institute), (2003). World Resources 2002−2004. WRI. Washington D.C. EE.UU. www.wri.org/wr2002

15.4 PÁGINAS WEB CONSULTADAS

Página Web de la Junta de Vigilancia del Río Choapa. Disponible en www.jvriochoapa.cl/

Página Web del Sistema de Información Integral de Riego (eSIIR), de la Comisión Nacional de Riego. Disponible en: https://esiir.cnr.gob.cl/

Página Web de CONAMA http://www.sinia.cl/1292/articles-29099_recurso_6.pdf

GWP Asociación mundial del agua, www.gwp.org

SINCA Sistema Nacional de Calidad del Aire, https://sinca.mma.gob.cl

Sitio oficial de la Junta de Vigilancia del Río Choapa. disponible en http://www.jvriochoapa.cl

Sitios del gobierno de Australia ligados al recurso hídrico
www.australia.gov.au,
www.agriculture.gov.au
www.environment.gov.au
www.coag.gov.au
www.mdba.gov.au

16 ANEXO DIGITAL

16.1 TEXTO

El Anexo Digital contiene la totalidad del texto impreso, en Word y en pdf.

16.2 ANEXOS

El Anexo Digital contiene los siguientes anexos:

Anexo Capítulo 2: Fichas bibliográficas
Anexo Capítulo 3: Experiencia Internacional
Abexo Capítulo 5: Diagnóstico
Anexo Capítulo 6: Talleres y entrevistas
Anexo Capítulo 7: Gobernanza
Anexo Capítulo 8: Plan GIRH
Anexo Capítulo 9: Modelación
Anexo Capítulo 10: Evaluación económica con WEAP
Anexo Capítulo 11: Evaluación económica de escenarios
Anexo Capítulo 12: Modelación calidad con WEAP
Anexo Capítulo 13: Desarrollo página web y visualizador

Se entregan los siguientes anexos impresos:

Anexo Capítulo 7.6 Estatutos de la Corporación
Anexo Capítulo 8 Plan GIRH Choapa

Anexo Capítulo 7.6

ESTATUTOS DE LA CORPORACIÓN

Anexo Capítulo 8

PLAN GIRH CHOAPA