



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

PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO LOS CHOROS

INFORME FINAL

REALIZADO POR:

FLOW HYDRO CONSULTING GROUP SPA

S.I.T. N°497

2022

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

**Ministro de Obras Públicas
Arquitecto Sr. Juan Carlos García**

**Director General de Aguas
Ingeniero Civil Sr. Cristian Núñez Riveros (S)**

**Jefe División de Estudios y Planificación
Ingeniero Civil Sr. Mauricio Lorca Miranda**

**Inspector Fiscal
Geólogo Sr. Sebastián Menares**

**Inspectores Fiscales Subrogantes
Geólogo Sr. Marcelo Aliaga
Ingeniero Civil Sr. Patricio Luengo Ávalos**

**Asesor Modelación Integrada
Ingeniero Civil Sr. Pedro Sanzana Cuevas**

**Profesionales División de Estudios y Planificación
Ingeniera en Recursos Naturales Renovables Sra. María Victoria Aedo
Geóloga Sra. Loreto Valdivia
Ingeniero Civil Sr. Pablo Costa**

FLOW HYDRO CONSULTING GROUP SPA

**Jefe de Proyecto
Ingeniero Civil Sr. Carlos Granifo**

Profesionales Equipo Especialistas

**Geóloga Sra. Claudia Martínez
Geóloga Sra. Paula Ramírez
Ingeniero Civil Sr. David Poblete
Ingeniero Civil Sr. Oscar Melo
Sociólogo Sr. Andrés Santander
Cartógrafo Sr. Salomón Vielma P.**

Profesionales Equipo Complementario

**Ingeniero Civil Sr. Víctor Gómez
Ingeniero Civil Sr. Esteban Veliz
Ingeniera Civil Sra. María Paz Ramos
Geólogo Sr. Andrés Rojas
Cartógrafo Sr. Gonzalo Martinez**

CONTENIDO

CONTENIDO	i	
TABLAS	v	
FIGURAS	ix	
CAPÍTULO 1	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO	1
1.1	INTRODUCCIÓN	1
1.2	OBJETIVOS DEL ESTUDIO	2
1.2.1	Objetivo General	2
1.2.2	Objetivos Específicos	2
CAPÍTULO 2	CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA	3
2.1	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	3
2.2	DIMENSIÓN POLÍTICO-ADMINISTRATIVA Y ECONÓMICA	7
2.2.1	División político-administrativa	7
2.2.2	Actividad económica	7
2.3	DIMENSION FÍSICA	16
2.3.1	Geología	16
2.3.2	Geomorfología	20
2.3.3	Suelos	21
2.3.4	Drenaje	24
2.4	CLIMA	25
2.4.1	Caracterización climática	25
2.4.2	Eventos extremos y variabilidad climática	28
2.4.3	Escenarios de cambio climático	33
2.5	DIMENSIÓN AMBIENTAL	34
2.5.1	Ecosistemas Terrestres	35
2.5.2	Ecosistemas Acuáticos	37
2.5.3	Amenazas sobre Ecosistemas	37
2.5.4	Conservación de Ecosistemas	37
2.6	INFRAESTRUCTURA	40
2.6.1	Obras hidráulicas	40
2.6.2	Red hidrométrica	44
2.7	NUEVAS FUENTES EXISTENTES	47
2.8	GOBERNANZA DEL AGUA A NIVEL DE CUENCA	47
2.8.1	Mapa de actores	47
2.8.2	Síntesis de reuniones PAC	60
2.8.3	Brechas de Gobernanza	67
CAPÍTULO 3	DEMANDA FISICA Y LEGAL PARA LOS DIFERENTES USOS	69

3.1	USO HUMANO	69
3.1.1	Demografía	69
3.1.2	Demanda actual de agua potable rural	70
3.1.3	Demanda histórica de agua potable rural	72
3.1.4	Demanda proyectada de agua potable rural	73
3.2	NECESIDADES MÍNIMAS AMBIENTALES	73
3.3	DEMANDA AGRÍCOLA	76
3.3.1	Demanda actual	76
3.3.2	Demanda proyectada	77
3.4	DEMANDA INDUSTRIAL Y MINERA	77
3.4.1	Demanda actual	77
3.4.2	Demanda proyectada	79
3.5	OTRAS DEMANDAS	80
3.6	RESUMEN DE DEMANDAS	81
CAPÍTULO 4	OFERTA HÍDRICA	82
4.1	AGUA SUPERFICIAL	82
4.1.1	Fuentes superficiales	82
4.1.2	Oferta en la fuente	83
4.1.3	Calidad de las aguas superficiales	83
4.1.4	Derechos de Agua Superficial	90
4.2	AGUA SUBTERRÁNEA	91
4.2.1	Fuentes subterráneas	91
4.2.2	Stock, recarga y niveles	96
4.2.3	Calidad de las aguas subterráneas	98
4.2.4	Derechos concedidos	122
CAPÍTULO 5	BALANCE DE AGUA	126
5.1	MODELO DE SIMULACIÓN	126
5.1.1	Situación actual	126
5.1.2	Situación proyectada	137
5.2	RESULTADOS ESCENARIO BASE	139
5.2.1	Balance hídrico general	139
5.2.2	Balance hídrico por SHAC	142
5.2.3	Niveles de agua subterránea	142
5.2.4	Brechas	145
5.2.5	Sustentabilidad del recurso hídrico	148
5.2.6	Indicador hídrico	152
5.3	ESCENARIOS DE GESTIÓN ESPECÍFICOS	154
5.3.1	Escenario 1: Gestión de la oferta	155
5.3.2	Escenario 2: Gestión de la demanda	164
5.3.3	Escenario 3: Gestión conjunta	173
5.4	BRECHAS DE MODELACIÓN	177
5.4.1	Modelo subterráneo	177
5.4.2	Modelo superficial	178

5.4.3	Interacción modelo superficial y modelo subterráneo	179
5.5	MERCADO DE AGUAS	181
5.5.1	Evolución histórica	181
5.5.2	Valor del agua por sector económico	181
CAPÍTULO 6	ACCIONES	185
6.1	MARCO CONCEPTUAL PARA LA PROPUESTA DE ACCIONES	185
6.2	FORMULACIÓN DEL PLAN	188
6.2.1	Definiciones Estratégicas	188
6.3	SOLUCIONES BASADAS EN LA INFRAESTRUCTURA, LA GESTIÓN Y LA NATURALEZA	201
6.3.1	Soluciones Basadas en la Infraestructura (SbI)	201
6.3.2	Soluciones Basadas en la Gestión (SbG)	204
6.3.3	Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN)	209
CAPÍTULO 7	CARTERA DE INICIATIVAS PROPUESTAS	211
7.1	SÍNTESIS DE LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	211
7.2	ALTERNATIVAS SELECCIONADAS	213
7.2.1	Evaluación Económica	213
7.2.2	Evaluación Social	216
7.2.3	Evaluación Ambiental	216
7.2.4	Priorización Consumo Humano	217
7.2.5	Efectividad a la Disponibilidad	217
7.2.6	Priorización de las medidas	217
7.3	VALORIZACIÓN ECONÓMICA DEL PLAN ESTRATÉGICO DE GESTION HÍDRICA	221
7.3.1	Acciones ejecutadas por DGA	221
7.3.2	Acciones ejecutadas por otras instituciones	222
7.3.3	Distribución de Costos según Instituciones	223
7.4	CRONOGRAMA DE LAS SOLUCIONES	223
CAPÍTULO 8	IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN	225
8.1	HITOS DE REFERENCIA EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN	225
8.1.1	Estructura del Plan de Gestión	225
8.1.2	Corto plazo	227
8.1.3	Mediano plazo	227
8.1.4	Largo plazo	227
8.2	ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN	229
8.2.1	Gobernanza para el PEGH Los Choros	229
8.2.2	Aspectos Institucionales	229
8.2.3	Aspectos de cultura del agua	230
8.2.4	Aspectos de financiamiento	230
8.2.5	Aspectos normativos	231
8.2.6	Pasos en la implementación	231
8.3	ESTRATEGIA DE COMUNICACIÓN	232
8.3.1	Comunicación y difusión del PEGH en fases posteriores	232

8.4	IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE FINANCIAMIENTO DEL PLAN	233
CAPÍTULO 9	MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL PLAN	235
9.1	PLAN MONITOREO	235
9.1.1	Seguimiento del PEGH	236
9.1.2	Responsables Seguimiento del PEGH	239
9.2	MECANISMOS DE EVALUACIÓN, ACTUALIZACIÓN Y REDISEÑO	239
9.2.1	Metodología de evaluación y actualización del Plan	240
9.2.2	Etapas de rediseño o reformulación del Plan Estratégico	241
CAPÍTULO 10	ANEXOS	242

TABLAS

Tabla 2-1: División administrativa de la cuenca del río Los Choros	4
Tabla 2-2: Cuenca del río Los Choros respecto a comunas	7
Tabla 2-3: Número de faenas mineras por tipo de actividad y recurso en la comuna de La Higuera	15
Tabla 2-4: Actividad Agrícola en la Comuna de La Higuera	15
Tabla 2-5: Desembarque promedio entre 2015 y 2020, por caleta y tipo de recurso en la comuna La Higuera (toneladas netas)	16
Tabla 2-6: Estadísticos de precipitación anual para el periodo histórico (1979-2020) y 4 MCGs (2021-2060)	32
Tabla 2-7: Estadísticos de temperatura anual para el periodo histórico (1979-2020) y 4 MCGs (2021-2060)	33
Tabla 2-8: Resumen de las variaciones porcentuales de precipitación para distintas cuencas estudiadas en DGA (2017a).	34
Tabla 2-9: Ecosistemas terrestres según piso vegetal	35
Tabla 2-10: Humedales registrados en el Inventario Nacional de Humedales	37
Tabla 2-11. Resumen información de catastro de puntos con información hidrogeológica	42
Tabla 2-12: Registro de estaciones de control DGA en la cuenca del río Los Choros	44
Tabla 2-13: Detalle de Red hidrométrica, Cuenca río Los Choros y alrededores	46
Tabla 2-14: Tipos de Actores Claves	49
Tabla 2-15 Actor Político: Direcciones MOP Nivel Nacional y Regional	50
Tabla 2-16 Actor Político: Sector Público Regional	51
Tabla 2-17 Actor Político: Gobiernos Locales	54
Tabla 2-18 Actor Privado: Comités APR o SSR	56
Tabla 2-19 Actor Privado: Empresas Privadas	56
Tabla 2-20 Actor Privado: Sector Productivo	57
Tabla 2-21 Actor Organizacional: Organizaciones Sociales	59
Tabla 2-22 Actor Universidades: Universidades y/o Centros de Investigación	60
Tabla 2-23 Escala o rango de Variable Interés	61
Tabla 2-24 Escala o rango de Variable Influencia	62
Tabla 2-25 Escala o rango de Variable Apoyo u Oposición	62
Tabla 2-26 Nivel de Interés en la cuenca de los actores claves identificados	63
Tabla 2-27 Nivel de Influencia en la cuenca de los actores claves identificados	63
Tabla 2-28 Nivel de Apoyo en la cuenca de los actores claves identificados	64
Tabla 2-29 Promedio entre variables de Interés e Influencia	64
Tabla 2-30 Promedio entre variables de Interés y Oposición o Apoyo	65
Tabla 2-31 Promedio entre variables de Influencia y Oposición o Apoyo	66
Tabla 2-32 Brechas de Gobernanza en la Cuenca del Río Los Choros	67
Tabla 3-1: Población residente y densidad en cuenca de Los Choros	69
Tabla 3-2: Sistemas APR existentes en la cuenca de Los Choros	71
Tabla 3-3: Pérdidas en APR existentes en la cuenca de Los Choros	71
Tabla 3-4: Demanda actual de APR existentes en la cuenca rio Los Choros	72

Tabla 3-5: Demanda histórica estimada en sistemas APR existentes en la cuenca de Los Choros	73
Tabla 3-6: Demanda futura estimada en sistemas APR existentes en la cuenca de Los Choros	73
Tabla 3-7: Hectáreas regadas por tipo de cultivo en la comuna de La Higuera, según CIREN (2018)	76
Tabla 3-8: Demanda agrícola actual, por SHAC para la cuenca del río Los Choros	77
Tabla 3-9: Proyección de demanda agrícola para la cuenca de Los Choros según DGA (2017)	77
Tabla 3-10: Instalaciones mineras activas, inactivas y abandonadas en el sector de estudio.....	78
Tabla 3-11: Proyección de demanda pecuaria para la cuenca de Los Choros según DGA (2017)	80
Tabla 3-12: Resumen de demandas en la cuenca de Los Choros	81
Tabla 4-1: Clasificación de las aguas superficiales de la cuenca Río Los Choros	84
Tabla 4-2: Derechos de Aprovechamiento Superficiales	90
Tabla 4-3: SHAC en el acuífero de Los Choros	93
Tabla 4-4: Comparativo entre derechos factibles y demanda establecida al año 2005....	95
Tabla 4-5: Áreas de restricción en el acuífero del río Los Choros	96
Tabla 4-6: Clasificación de recarga por acuífero y tipo. Periodo 1990-2020	97
Tabla 4-7: Clasificación de las aguas de la cuenca del río Los Choros	99
Tabla 4-8: Definición de clases de calidad de agua con PL1 y PL2	116
Tabla 4-9: Tabla resumen de IC por SHAC	117
Tabla 4-10: Índice de Calidad por pozo monitoreado en la cuenca río Los Choros (parámetros locales Fe y Mn), año 2021	119
Tabla 4-11: Derechos de Aprovechamiento de aguas Subterráneas (DAA). Comparación entre DAA susceptibles de otorgarse versus DAA actualmente otorgados	122
Tabla 4-12: Desglose de Derechos de Aprovechamiento de aguas Subterráneas.....	124
Tabla 4-13: Desglose de Derechos de Aguas Subterráneas por SHAC, con referencia geográfica	125
Tabla 5-1: Balance hídrico general del modelo	127
Tabla 5-2: Balance hídrico subterráneo por sector– periodo 1990-2020	130
Tabla 5-3: Resumen estadísticos de la calibración.....	136
Tabla 5-4: Variación de Precipitación anual entre periodo 1985-2015 y 2030-2060 en cada subcuenca, para cada GCM.....	138
Tabla 5-5: Definiciones de escenario base modelado	139
Tabla 5-6: Resumen antecedentes implementación del modelo numérico escenario base	139
Tabla 5-7: Balance hídrico general del modelo para escenario base (2021-2050).....	140
Tabla 5-8: Variación en l/s y % entre el escenario base y simulación periodo histórico (1990-2020)	142
Tabla 5-9: Tasas de variación de niveles en el periodo 2021 – 2050 para Caso Base...	145
Tabla 5-10: Demanda total promedio periodo histórico 1991-2020 y escenario base 2021-2050.....	146
Tabla 5-11: Brecha total promedio periodo histórico 1991-2020 y escenario base 2021-2050.....	147

Tabla 5-12: Cobertura total promedio periodo histórico 1991-2020 y escenario base 2021-2050	148
Tabla 5-13: Descenso máximo de napa, Caso Base.....	148
Tabla 5-14: Variación de volumen almacenado, Escenario Base.....	149
Tabla 5-15: Satisfacción de demanda, Escenario Base.....	150
Tabla 5-16: Porcentaje de pozos secos, Escenario Base.....	150
Tabla 5-17: Resumen cumplimiento Criterios de Sustentabilidad, Escenario Base	151
Tabla 5-18: Descripción de escenarios de gestión	155
Tabla 5-19: Resumen antecedentes implementación del modelo numérico Escenario 1	158
Tabla 5-20: Balance hídrico general del modelo (l/s) Escenario 1: Gestión de la oferta (periodo 2021-2050).....	159
Tabla 5-21: Variación en l/s entre el Escenario 1: Gestión de la oferta y el Escenario Caso Base	159
Tabla 5-22: Tasas de variación de niveles en el periodo 2021 – 2050 para Escenario 1	163
Tabla 5-23: Brecha total promedio escenario base y escenario 1 (2021-2050)	163
Tabla 5-24: Cobertura total promedio escenario base y escenario 1 con gestión de oferta (2021-2050).....	164
Tabla 5-25: Resumen antecedentes implementación del modelo numérico Escenario 2	166
Tabla 5-26: Balance hídrico general del modelo (l/s) Escenario 2: Gestión de demandas (periodo 2021-2050).....	167
Tabla 5-27: Variación en l/s entre el Escenario 2: Gestión de la demanda y el Escenario Base	168
Tabla 5-28: Tasas de variación de niveles en el periodo 2021 – 2050 para Escenario 2	171
Tabla 5-29: Brecha total promedio escenario base y escenario 2 (2021-2050)	172
Tabla 5-30: Cobertura total promedio escenario base y escenario 2 con gestión de oferta (2021-2050).....	173
Tabla 5-31: Balance hídrico general del modelo (l/s) Escenario 3: Gestión integrada (periodo 2021-2050).....	174
Tabla 5-32: Variación en l/s entre el Escenario 3 y el Escenario Base	174
Tabla 5-33: Brecha total promedio escenario base y escenario 3 (2021-2050)	176
Tabla 5-34: Cobertura total promedio escenario base y escenario 3 con gestión conjunta (2021-2050).....	177
Tabla 5-35: Aplicación incremental de criterios de depuración	182
Tabla 5-36: Transacciones depuradas	182
Tabla 5-37: Transacciones por Unidad de Mercado.....	183
Tabla 5-38: Resultados transacciones aguas subterráneas	183
Tabla 5-39: Resultados transacciones aguas superficiales	184
Tabla 6-1. Ejes del Plan Estratégico Cuenca Los Choros.....	189
Tabla 6-2. Brechas identificadas en el PEGH Cuenca río Los Choros.....	190
Tabla 6-3. Objetivos del Plan Estratégico Cuenca del río Los Choros.....	193
Tabla 6-4. Metas para la Estrategia de Disponibilidad	195
Tabla 6-5. Acciones y aportes a la Disponibilidad del Recurso Hídrico cuenca del río Los Choros	195
Tabla 6-6. Resumen de Metas asociadas a la Estrategia de Gestión PEGH Cuenca río Los Choros	200
Tabla 6-7: Soluciones Basadas en la Infraestructura (SbI)	202
Tabla 6-8: Soluciones Basadas en la Gestión (SbG)	205

Tabla 6-9: Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN)	210
Tabla 7-1: Síntesis de Acciones Basadas en la Infraestructura (SbI)	211
Tabla 7-2: Síntesis de Acciones Basadas en Gestión (SbG)	212
Tabla 7-3: Síntesis de Acciones Basadas en la Naturaleza (SbN).....	213
Tabla 7-4: Resumen de evaluación económica de iniciativas	214
Tabla 7-5: Resumen de evaluación económica por tipología de acciones	216
Tabla 7-6: Priorización de Acciones	219
Tabla 7-7: Acciones ejecutadas por la DGA	221
Tabla 7-8: Acciones ejecutadas por otras instituciones	222
Tabla 7-9: Distribución de costos Según instituciones ejecutoras	223
Tabla 8-1: Portafolio de Acciones PEGH Los Choros	226
Tabla 8-2: Distribución de costos según mandante DGA u otros	233
Tabla 9-1. Indicadores de Gestión del PEGH Los Choros	238

FIGURAS

Figura 2-1. Área de estudio PEGH Los Choros.....	5
Figura 2-2. Cuencas y subcuencas Río Los Choros	6
Figura 2-3: Ubicación de actividades productivas de astronomía y generación eléctrica en la cuenca río Los Choros	9
Figura 2-4. Número de empresas por rubro en la Comuna La Higuera en 2020.....	10
Figura 2-5. Ventas anuales por rubro de empresas en la Comuna La Higuera en 2020...	11
Figura 2-6. Número de personas ocupadas por rama de actividad en la Comuna La Higuera en 2020.....	13
Figura 2-7. Suma de los ingresos totales corregidos de las personas (pesos corrientes) por rama de actividad económica en la Comuna La Higuera en 2020	14
Figura 2-8: Mapa geológico de la cuenca del río Los Choros (escala 1:1.000.000).....	19
Figura 2-9: Geomorfología de la cuenca del río Los Choros	22
Figura 2-10: Distribución altitudinal de la cuenca del río Los Choros.....	23
Figura 2-11. Diagrama Unifilar, red de cauces cuenca río Los Choros.	25
Figura 2-12. Clasificación Climática de la cuenca Los Choros	27
Figura 2-13. Diagrama Ombrotérmico de estación El Trapiche-DGA (4120001-4).....	28
Figura 2-14. Resumen de eventos más importantes, período: 1965-2020.....	29
Figura 2-15. Variación de eventos (comuna de La Higuera) más importantes en el tiempo, período 1965-2018.	30
Figura 2-16. Precipitación anual para el periodo histórico (1979-2020) y futuro (2021-2060).....	31
Figura 2-17. Gráficos de caja para los valores anuales de precipitación para los 4 MCGs. La línea negra punteada indica el promedio del periodo histórico	31
Figura 2-18. Temperatura media anual para el periodo histórico (1979-2020) y futuro (2021-2060)	32
Figura 2-19. Gráficos de caja para los valores anuales de temperatura para los 4 MCGs. La línea negra punteada indica el promedio del periodo histórico.	33
Figura 2-20. Formaciones vegetacionales y humedales en la cuenca del río Los Choros .	36
Figura 2-21. Ubicación de Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad en la cuenca del río Los Choros	39
Figura 2-22: Ubicación de pozos APR (SSR) en cuenca río Los Choros	41
Figura 2-23: Mapa de pozos catastrados en terreno	43
Figura 2-24. Red Hidrométrica DGA	45
Figura 2-25. Metodología Definición de Actores Claves	48
Figura 2-26. Actores Involucrados en la Cuenca río Los Choros	49
Figura 2-27: Porcentaje de encuestas respondidas.....	61
Figura 2-28: Distribución entre variables de Interés e Influencia	65
Figura 2-29: Distribución entre variables de Interés y Oposición o Apoyo	66
Figura 2-30: Distribución entre variables de Influencia y Oposición o Apoyo.....	67
Figura 3-1. Población histórica y proyectada para la cuenca de Los Choros, periodo 2002-2017 (histórico), 2018-2035 (proyectado)	70
Figura 3-2. Tasa de crecimiento demográfico proyectada para la cuenca de Los Choros, periodo 2020-2050	70

Figura 3-3. Zona con vegetación en la confluencia de la quebrada La Higuera (o Choros Altos) y el río Los Choros, al costado de la ruta D-110	75
Figura 4-1: Diagramas de Piper para aguas superficiales de la cuenca del Río Los Choros	84
Figura 4-2: Mapa con diagramas de Stiff para aguas superficiales.....	85
Figura 4-3: Gráfico Mn total para aguas superficiales	86
Figura 4-4: Gráfico de Cl ⁻ para aguas superficiales.....	87
Figura 4-5: Gráfico de Sulfato para aguas superficiales	88
Figura 4-6: Gráfico de pH para aguas superficiales	89
Figura 4-7: Gráfico CE para aguas superficiales	89
Figura 4-8: Gráfico SDT para aguas superficiales -.....	90
Figura 4-9. Mapa Hidrogeológico Cuenca del río Los Choros	92
Figura 4-10. Aguas Subterráneas en la cuenca del río Los Choros	94
Figura 4-11: Flujos superficiales de entrada impuestos versus modelados, periodo 1990-2020.....	97
Figura 4-12: Diagrama Piper para aguas subterráneas y subsuperficial en a) Playa Los Choros, Los Choros Bajos, Los Choros Altos y b) Punta Colorada y Tres Cruces	101
Figura 4-13: Boxplot de arsénico total (mg/L)	103
Figura 4-14: Boxplot de plomo total (mg/L)	104
Figura 4-15: Boxplot de molibdeno total (mg/L)	105
Figura 4-16: Boxplot de hierro total (mg/L)	106
Figura 4-17: Boxplot de manganeso total (mg/L)	107
Figura 4-18: Boxplot de cromo total (mg/L)	108
Figura 4-19: Boxplot de plata total (mg/L).....	109
Figura 4-20: Boxplot de zinc total (mg/L)	109
Figura 4-21: Boxplot de cloruro (mg/L)	111
Figura 4-22: Boxplot de sulfato (mg/L)	112
Figura 4-23: Boxplot de nitrato (mg/L).....	113
Figura 4-24: Boxplot de pH.....	114
Figura 4-25: Boxplot de CE (μS/cm)	115
Figura 4-26: Boxplot de SDT (mg/L)	115
Figura 4-27: Mapa con el Índice de Calidad por pozo para el monitoreo 2021.....	118
Figura 4-28. Distribución de Derechos de Aprovechamiento de Aguas por cantidad de expedientes y uso.....	123
Figura 4-29. Distribución de Derechos de Aprovechamiento de Aguas por caudales otorgados y uso.	123
Figura 4-30. Evolución del caudal otorgado a Derechos de Aprovechamiento de Aguas Subterráneas.	124
Figura 5-1: Balance hídrico general del modelo, periodo 1990-2020	128
Figura 5-2: Error de cierre del balance hídrico general del modelo, periodo 1990-2020	129
Figura 5-3: Esquema de balance por sector en la cuenca del río Los Choros (1990-2020)	131
Figura 5-4: Resultados de calibración del modelo numérico, sector AC-02, SHAC Punta Colorada.....	133
Figura 5-5: Resultados de calibración del modelo numérico, sector AC-03, SHAC Los Choros Altos	134

Figura 5-6: Resultados de calibración del modelo numérico, sector AC-04, SHAC Los Choros Bajos.....	135
Figura 5-7: Resultados de calibración del modelo numérico, sector Los Choros Bajos ..	136
Figura 5-8: Gráfico dispersión de calibración en régimen transitorio	137
Figura 5-9: Balance hídrico general del modelo Escenario Base, periodo 2021-2050 ...	141
Figura 5-10: Cota niveles de agua subterráneas (msnm) en AC-03, SHAC Los Choros Altos, periodo 2021-2050	144
Figura 5-11: Cota niveles de agua subterráneas (msnm) en sector AC-04, SHAC Los Choros Altos, periodo 2021-2050.....	144
Figura 5-12: Cota niveles de agua subterráneas (msnm) en sector AC-05, SHAC Los Choros Bajos, periodo 2021-2050.....	145
Figura 5-13: Evolución temporal brecha total periodo histórico 1991-2020 y escenario base 2021-2050	147
Figura 5-14: Indicadores hídricos de cada SHAC en Caso Base	153
Figura 5-15: Indicadores hídricos Cuenca Río Los Choros en Caso Base.....	154
Figura 5-16: Localización de iniciativas para Escenario 1	156
Figura 5-17: Ejemplo esquemático de estanques o barreras de percolación.....	157
Figura 5-18: Balance hídrico general del modelo Escenario 1, periodo 2021-2050.....	160
Figura 5-19: Cota niveles de agua subterráneas (msnm) en AC-03, SHAC Los Choros Altos, periodo 2021-2050	161
Figura 5-20: Cota niveles de agua subterráneas (msnm) en sector AC-04, SHAC Los Choros Altos, periodo 2021-2050.....	162
Figura 5-21: Cota niveles de agua subterráneas (msnm) en sector AC-05, SHAC Los Choros Bajos, periodo 2021-2050.....	162
Figura 5-22: Evolución temporal brecha total periodo histórico escenario base versus escenario 1 (2021-2050)	164
Figura 5-23: Balance hídrico general del modelo Escenario 2, periodo 2021-2050.....	168
Figura 5-24: Cota niveles de agua subterráneas (msnm) en AC-03, SHAC Los Choros Altos, periodo 2021-2050	170
Figura 5-25: Cota niveles de agua subterráneas (msnm) en sector AC-04, SHAC Los Choros Altos, periodo 2021-2050.....	170
Figura 5-26: Cota niveles de agua subterráneas (msnm) en sector AC-05, SHAC Los Choros Bajos, periodo 2021-2050.....	171
Figura 5-27: Evolución temporal brecha total periodo histórico escenario base versus escenario 2 (2021-2050)	172
Figura 5-28: Balance hídrico general del modelo Escenario 3, periodo 2021-2050.....	175
Figura 5-29: Evolución temporal brecha total periodo histórico escenario base versus escenarios de gestión (2021-2050).....	176
Figura 6-1. Esquema conceptual Plan Estratégico Gestión Hídrica	187
Figura 6-2. Aspectos principales de la Formulación del Plan de Gestión.....	188
Figura 6-3. Iniciativas y aportes de agua a la Disponibilidad del recurso Hídrico	196
Figura 7-1. Esquema de Priorización de Acciones	218
Figura 7-2. Cronograma Plan de Acción PEGH Los Choros	224
Figura 8-1. Distribución de Acciones de Corto, Mediano y Largo Plazo	228
Figura 8-2. Flujo de inversiones (UF) entre Tipo de acción, Instituciones Involucradas y período Implementación	234
Figura 9-1. Distribución Iniciativas del Plan de Gestión	236

Figura 9-2. Indicadores de Seguimiento	237
--	-----

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.1 INTRODUCCIÓN

La Dirección General de Aguas (DGA) es el organismo del Estado en Chile encargado de promover la gestión y administración del recurso hídrico, en un marco de sustentabilidad, interés público y asignación eficiente del agua para el consumo humano, producción de bienes y servicios y la conservación del medio ambiente. Actualmente, en un contexto en que la seguridad hídrica y la eficiencia en la gestión del recurso hídrico se imponen como menester, la planificación en esta materia debe tener un enfoque basado en la sustentabilidad del recurso, respondiendo de manera oportuna a los riesgos e impactos asociados al cambio climático.

En este sentido, DGA ha encargado a Flow Hydro Consulting (Flow) el desarrollo del estudio “Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca del Río Los Choros”, en adelante PEGH Los Choros, motivado por la crisis hídrica que vive el país, relacionada a los eventos de sequía extremos e inundaciones, fallas en la gestión y gobernanza del agua, la falta de información apropiada para la toma de decisiones respecto del recurso y la búsqueda de soluciones a considerar para la adaptación al cambio climático. Este estudio busca formular un Plan Estratégico de Gestión Hídrica a nivel de cuenca, como unidad de gestión, que plantee un portafolio de acciones hídricas, que fomenten la eficiencia y sostenibilidad de uso del agua en la cuenca.

Para elaborar el Plan Estratégico se realizó un diagnóstico y caracterización general de la cuenca en términos de las variables que determinan la disponibilidad del agua en sus dimensiones físicas (geología, clima, ecosistemas, etc.) y antrópicas (división político-administrativa, actividades económicas, infraestructura, gobernanza, etc.) **-ver Capítulo 2-**. A continuación, se identificó a los actores públicos y privados que requieren de la extracción del recurso hídrico para diversos usos, y se estimó la demanda hídrica histórica, actual y proyectada de la cuenca **-ver Capítulo 3-**. Para poner en contexto lo anterior, se evaluaron las características de la oferta de agua del sistema (la cual es mayoritariamente subterránea para la cuenca en estudio) y se exponen en conjunto los derechos concedidos, comparándolos con la oferta **-ver Capítulo 4-**.

Con el fin de evaluar el balance entre oferta y demanda en la cuenca, y sus efectos en el sistema hídrico, se implementó un modelo hidrológico e hidrogeológico que sea capaz de determinar la disponibilidad histórica y actual del recurso, como también la evaluación de escenarios futuros con y sin gestión **-ver Capítulo 5-**. Luego se presenta el marco conceptual adoptado, junto con la confección de acciones y medidas de gestión **-ver Capítulo 6-** que se materializan en un portafolio de acciones valorizadas y se formula el plan en base a aquellas que prueben ser costo eficientes **-ver Capítulo 7-**.

Con base en lo anterior, se determina una estrategia de implementación y comunicación del plan, proponiendo roles, responsabilidades y atribuciones de los actores de la cuenca **-ver Capítulo 8-** y se define un plan de monitoreo de gestión e impacto para evaluar el

avance en la implementación del plan, junto con los aspectos normativos relacionados - **ver Capítulo 9**-.

1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

A continuación, se especifican los objetivos generales y específicos del estudio.

1.2.1 Objetivo General

Proponer un Plan Estratégico de Gestión Hídrica indicativo en la cuenca del Río Los Choros, que oriente la toma de decisiones respecto al recurso hídrico, mediante la generación de un portafolio de acciones para la seguridad hídrica, enfocadas en el mejoramiento de la información, instituciones, e infraestructura relacionada al agua, adaptación al cambio climático, y gobernanza.

1.2.2 Objetivos Específicos

Los objetivos específicos establecidos para este PEGH Los Choros corresponden a los siguientes:

- Conocer el estado hídrico actual de la cuenca del río Los Choros.
- Generar las bases de información para analizar el funcionamiento de las aguas subterráneas de la cuenca del río Los Choros, en base a la recopilación de antecedentes disponibles, complementada con información de catastro de pozos y geofísica levantada en terreno.
- Establecer el funcionamiento de las aguas subterráneas mediante un modelo hidrogeológico conceptual representativo de la cuenca del río Los Choros y su interacción con el agua superficial.
- Construir un modelo de simulación hidrológico superficial-subterráneo, integrado en la plataforma WEAP y MODFLOW, para simular la hidrología histórica, demandas de agua en la cuenca, forzantes de cambio climático, y escenarios de gestión hídrica para la cuenca Los Choros.
- Diagnosticar el estado hídrico de la cuenca del Río Los Choros, de su oferta y demanda y las brechas existentes para obtener los contenidos del plan estratégico de gestión hídrica.
- Analizar la actual institucionalidad del agua en la cuenca del río Los Choros mediante un proceso de participación ciudadana que informe y consulte a los actores relevantes, para retroalimentar la formulación del plan estratégico de gestión hídrica.
- Generar un portafolio de acciones y cartera de iniciativas para la seguridad hídrica, enfocadas en el mejoramiento de la gobernanza, disponibilidad de información, e infraestructura relacionada al agua, que junto a una estrategia de implementación sirva como hoja de ruta a la gestión del recurso hídrico de la cuenca el río Los Choros.
- Compilar avances y productos finales en un sistema de información geográfico, informes, y actividades de difusión.

CAPÍTULO 2 CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA

En el presente capítulo se describen las principales características de la cuenca del río Los Choros, tanto a nivel geográfico, como de aspectos político-administrativos, demográficos y relativos a su actividad económica. Se desarrolla los principales aspectos asociados a los ecosistemas ambientales relacionados con el recurso hídrico y la gobernanza de la cuenca. Asimismo, se recopilan las principales obras de infraestructura en materia hídrica existentes en la cuenca, con el fin de proporcionar el estado actual de inversión en diferentes ámbitos (agua potable, extracciones, red hidrométrica de la DGA).

2.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio tiene alcance a nivel de cuenca; específicamente, se estudia la cuenca del río Los Choros, ubicada principalmente en la región de Coquimbo, con una parte en la región de Atacama. Se incluye también el área costera ubicada inmediatamente al norte, donde se emplaza la localidad de Punta de Choros.

La cuenca hidrográfica del río Los Choros se extiende en el extremo norte de la Provincia de Elqui, ubicada en la región de Coquimbo, en una posición intermedia entre la cuenca del Río Elqui por el sur, y la cuenca del Río Huasco por el norte. Queda comprendida aproximadamente entre las latitudes 29°02'S y 29°42'S y las longitudes 70°27'W y 71°22'.

El área de estudio se presenta en la Figura 2-1, donde se aprecia que además de la cuenca principal se incluye también el área costera adyacente por el sector norte.

La división administrativa separa el área de estudio en 4 subcuencas y 10 subsubcuencas, las cuales se presentan en la Tabla 2-1, mientras que en la Figura 2-2 se presentan según su distribución espacial.

La cuenca del río Los Choros tiene una superficie de 3.918 km², y posee codificación 401 según el Banco Nacional del Agua (BNA). Adicionalmente el sector costero aledaño a la desembocadura del área principal corresponde a la cuenca denominada "Costeras e Islas entre Tercera Región y Quebrada Los Choros", con código BNA 400 y posee un área adicional de 274 Km².

Tabla 2-1: División administrativa de la cuenca del río Los Choros

Código cuenca	Nombre cuenca	Código Subcuenca	Nombre Subcuenca	Nombre Subsubcuenca	Superficie (km²)
401	Río de Los Choros	40100	Qda. Pelicano	Qda. Del Carrizo hasta Qda. del Pelicano	237,8
				Qda. Breas de San Antonio hasta Qda. Del Pelicano	194,8
				Qda. del Pelicano hasta junta Qda. de Los Choros	406,2
				Qda. Pedernales hasta Qda. del Pelicano	654,6
		40101	Qda. de Los Choros desde Qda. de Chaucho hasta Qda. Pelicano	Qda. Guanaqueana hasta junta Qda. de Las Chacras	387,9
				Qda. de Los Choros desde junta Qda. de las Chacras hasta Qda. Pelicano	489,6
				Qda. de Las Chacras desde Qda. de Chaucho hasta junta Qda. Guanaqueana	315,8
		40102	Qda. de Los Choros desde Qda. Pelicano hasta Línea de Costa	Qda. de Los Choros desde Qda. Pelicanos hasta Qda. Choros Altos	532,2
				Qda. de Los Choros desde Qda. Choros Altos hasta desembocadura	446,9
				Qda. Choros Altos hasta Qda. Los Choros	252,2
400	Cuencas Costeras e Islas entre Tercera región y Qda. de Los Choros	40000	Cuencas Costeras e Islas entre Tercera región y Qda. de Los Choros		274,4

Nota: Codificación de cuenca y subcuencas en base a Cuencas DARH

Fuente: Elaboración propia basada en Mapoteca DGA.

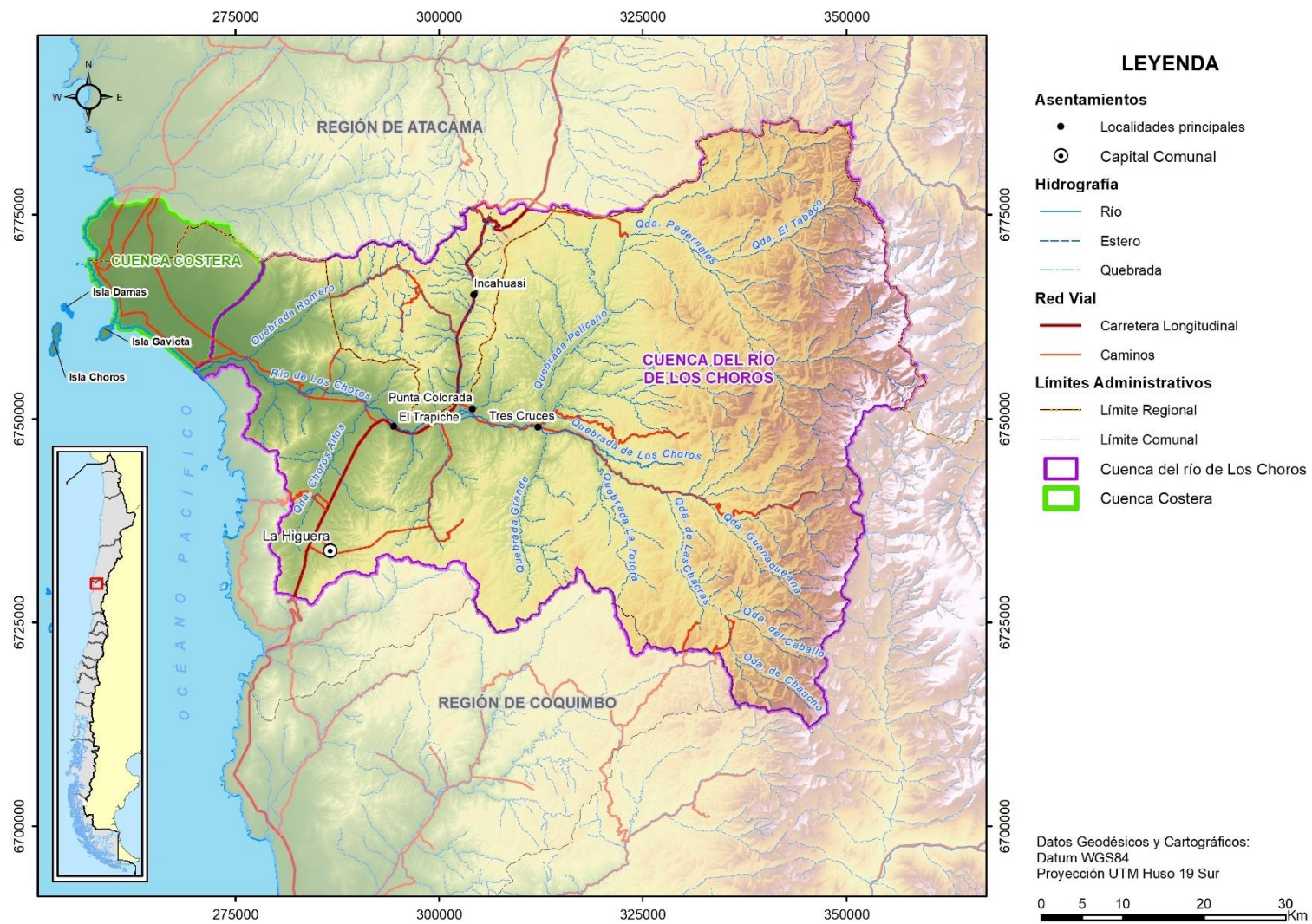


Figura 2-1. Área de estudio PEGH Los Choros

Fuente: Elaboración Propia.

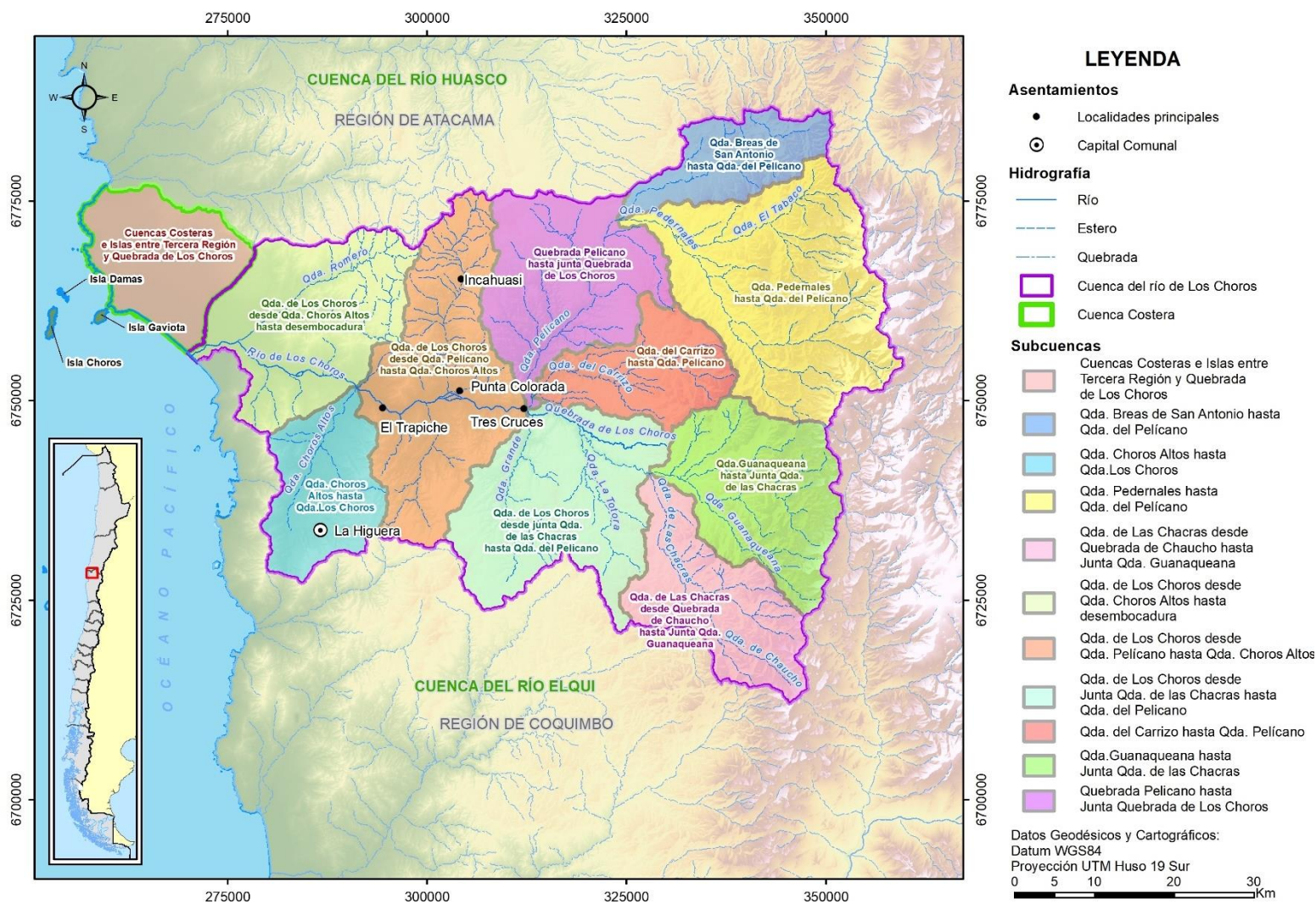


Figura 2-2. Cuencas y subcuencas Río Los Choros

Fuente: Elaboración propia en base a Mapoteca DGA.

2.2 DIMENSIÓN POLÍTICO-ADMINISTRATIVA Y ECONÓMICA

2.2.1 División político-administrativa

La cuenca del río Los Choros se emplaza mayoritariamente en la Región de Coquimbo, particularmente en la provincia del Elqui, abarcando principalmente la comuna de La Higuera y una fracción menor la comuna de Vallenar perteneciente a la Provincia de Huasco de la Región de Atacama. La Tabla 2-2 muestra la superficie total de las mencionadas comunas, así como el porcentaje de la comuna en relación con la extensión del área de estudio.

Tabla 2-2: Cuenca del río Los Choros respecto a comunas

Región	Provincia	Comuna	% superficie de la comuna en cuenca
Región de Coquimbo	Elqui	La Higuera	91%
Región de Atacama	Huasco	Vallenar	9%

Fuente: Elaboración propia.

Según el censo de Población y Vivienda del 2017 (INE, 2017), la comuna de La Higuera tiene una población de 4.241 habitantes con un 30,5% en zona urbana y un 69,5% en zona rural, donde su principal localidad corresponde a La Higuera -ubicada dentro de la cuenca del río Los Choros, en la subcuenca de la quebrada Choros Altos hasta quebrada Los Choros (se puede apreciar en la Figura 2-2). Por otro lado, la comuna de Vallenar tiene una población cercana a los 200 habitantes residentes en la cuenca de río Los Choros, los cuales se emplazan principalmente en la localidad de Incahuasi, ubicada en el extremo norte de la subcuenca quebrada de Los Choros entre quebrada Pelicano hasta quebrada Choros Altos (se puede apreciar en la Figura 2-2).

En relación con el crecimiento demográfico, se realiza una comparación del censo 2017 con el censo 2002. En este sentido, la población total de la cuenca aumentó aproximadamente un 14 % en los 15 años mencionados.

2.2.2 Actividad económica

A partir del análisis de distintas fuentes de información comunal, que se presentan a continuación se concluye que las principales actividades económicas de la cuenca del Río Los Choros son la actividad Minera, Pesca, Turismo y comercio. Además, en la cuenca se desarrollan actividades como la astronomía en el Centro Internacional la Silla, y la generación de energía en la Central Térmica y parque Eólico en Punta Colorada y el parque fotovoltaico de El Romero (ver Figura 2-3). Lamentablemente, la información estadística disponible no permite un análisis detallado de la actividad económica a nivel comunal ya que la mayoría de las estadísticas se encuentran agregadas a nivel regional.

A partir de información entregada por empresas al Servicio de Impuestos Internos (SII) se puede caracterizar la actividad económica realizada por las empresas cuya matriz se declara en la comuna de La Higuera. La Figura 2-4 presenta el número de empresas y proporción por rubro en la Comuna La Higuera para año 2020. El mayor número de empresas se encuentra en el Comercio y actividades asociadas al turismo.

La actividad económica también puede evaluarse a partir de las ventas de cada empresa. En la Figura 2-5 se presentan las ventas anuales por rubro de empresas en la Comuna La Higuera en 2020 en UF y su participación relativa. Se puede apreciar que las mayores ventas totales se dan en los rubros de minería, comercio y actividades asociadas al turismo. Estas últimas se asocian a las visitas a la Reserva Nacional Pingüino de Humboldt.

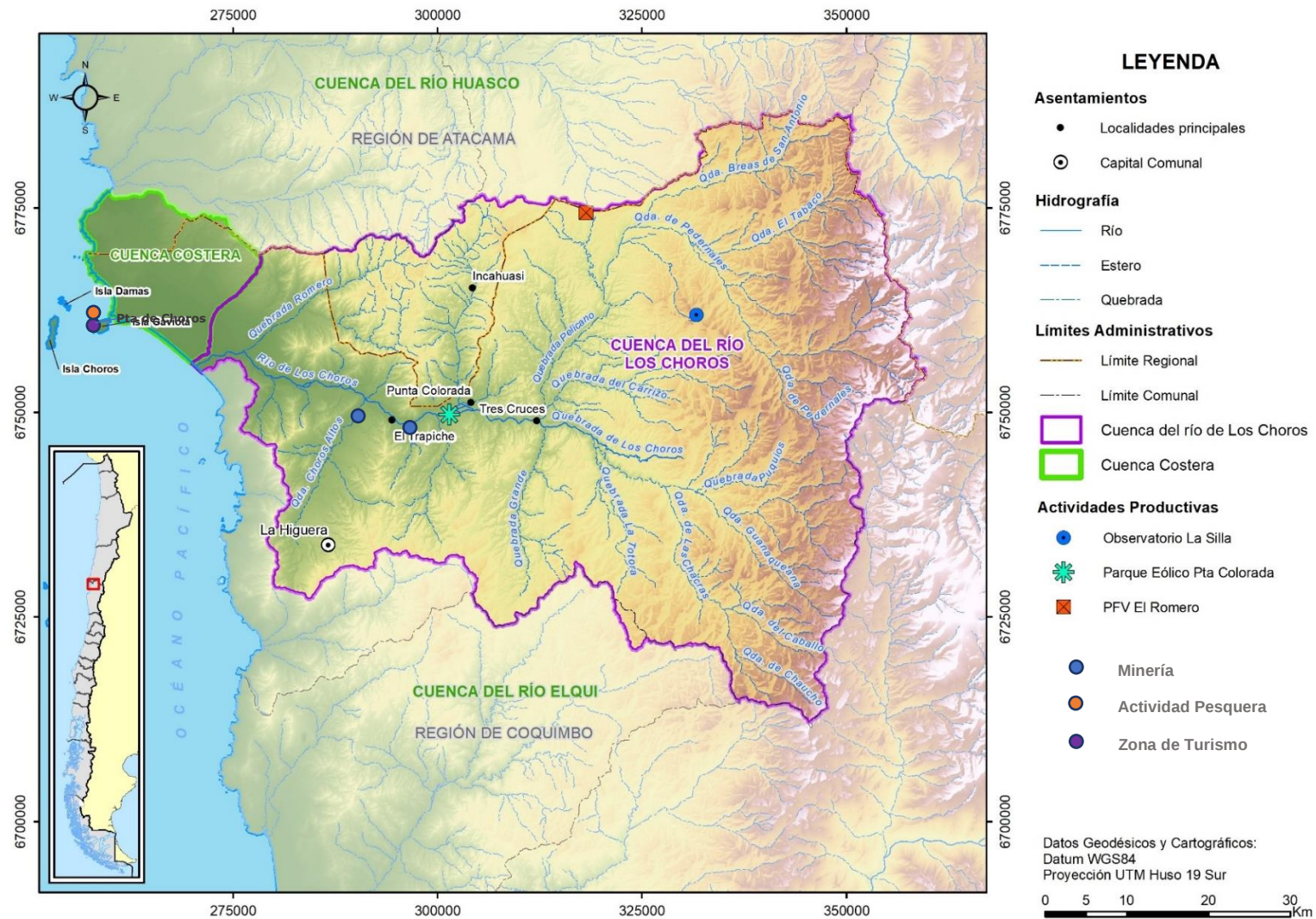


Figura 2-3: Ubicación de actividades productivas de astronomía y generación eléctrica en la cuena río Los Choros
Fuente: Elaboración Propia

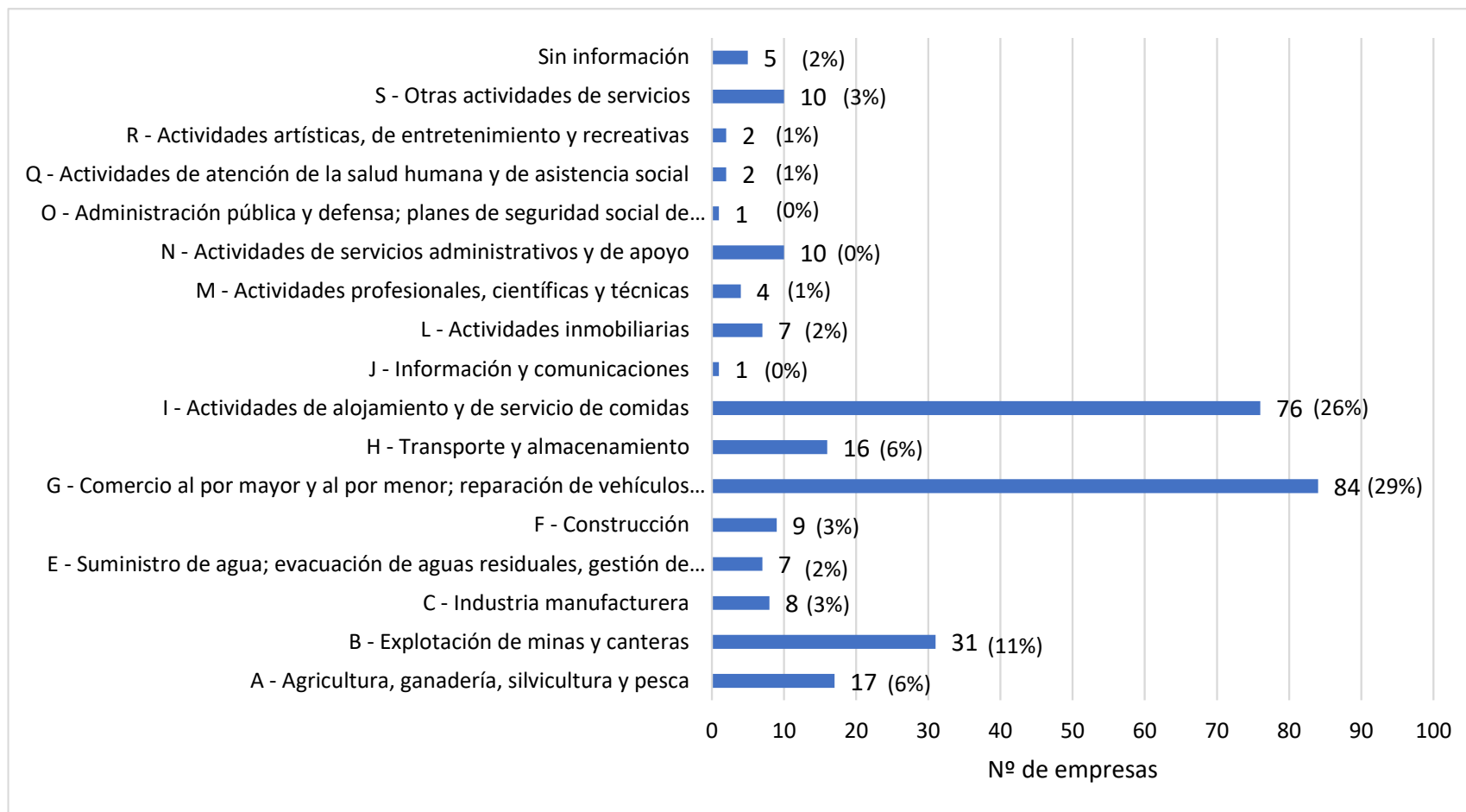


Figura 2-4. Número de empresas por rubro en la Comuna La Higuera en 2020

Fuente: Elaboración propia con datos del SII (2021)

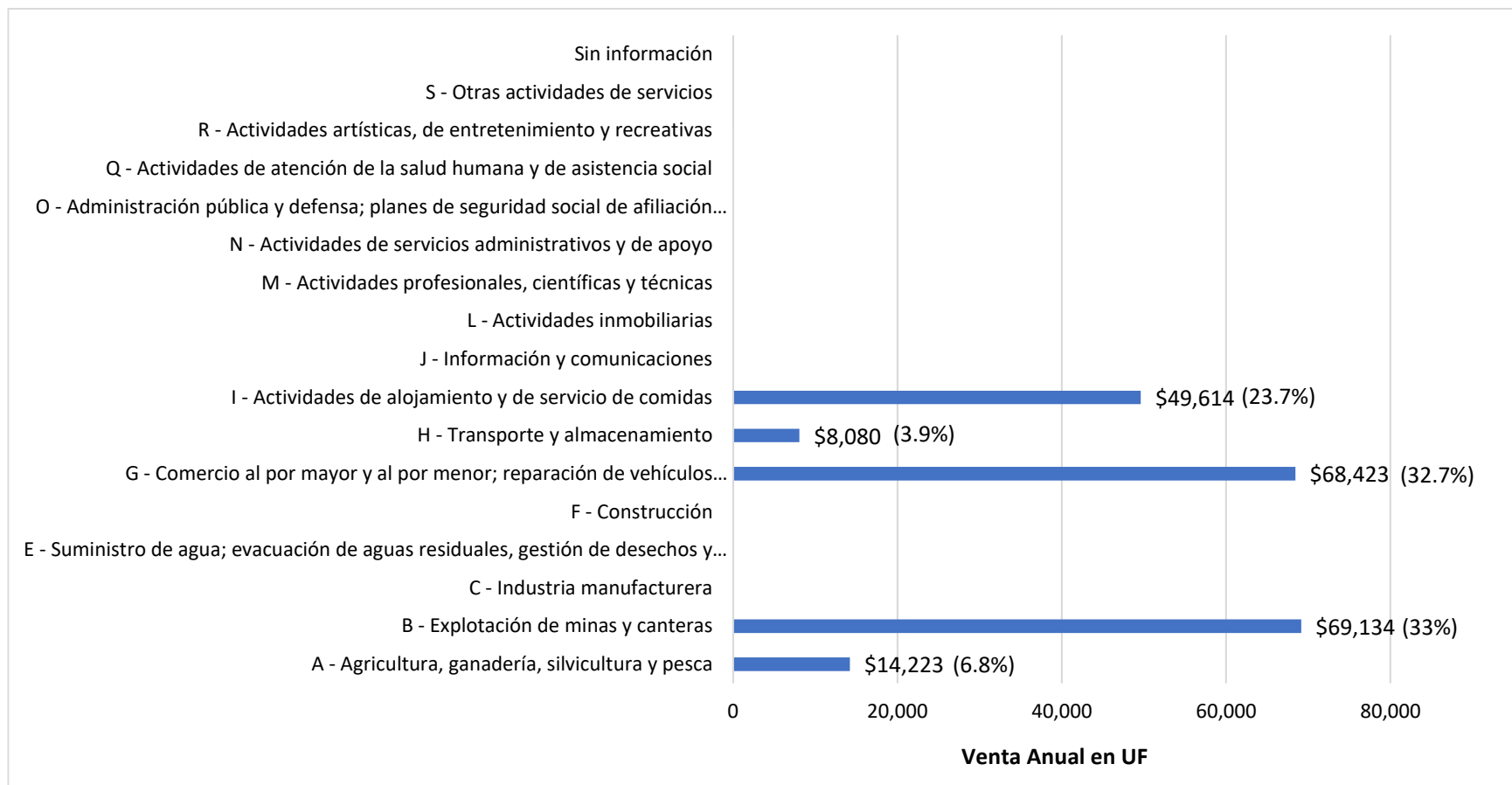


Figura 2-5. Ventas anuales por rubro de empresas en la Comuna La Higuera en 2020

Fuente: Elaboración propia con datos del SII (2021)

Por otra parte, la actividad económica de los trabajadores se caracterizó utilizando información de la encuesta CASEN (2020). En la Figura 2-6 se presenta el número y proporción de personas ocupadas por rama de actividad en la Comuna La Higuera en 2020. En este caso se puede apreciar que la pesca representa la principal rama de actividad de los ocupados, seguida por educación.

Alternativamente en la Figura 2-7 se presenta la suma de los ingresos totales corregidos de las personas (pesos corrientes) por rama de actividad económica en la Comuna La Higuera en 2020 y su participación relativa. En este cuadro se aprecia que agricultura, ganadería, silvicultura y pesca entregaron los principales ingresos a las personas. Las siguientes ramas que generan los mayores ingresos son la minería y la educación.

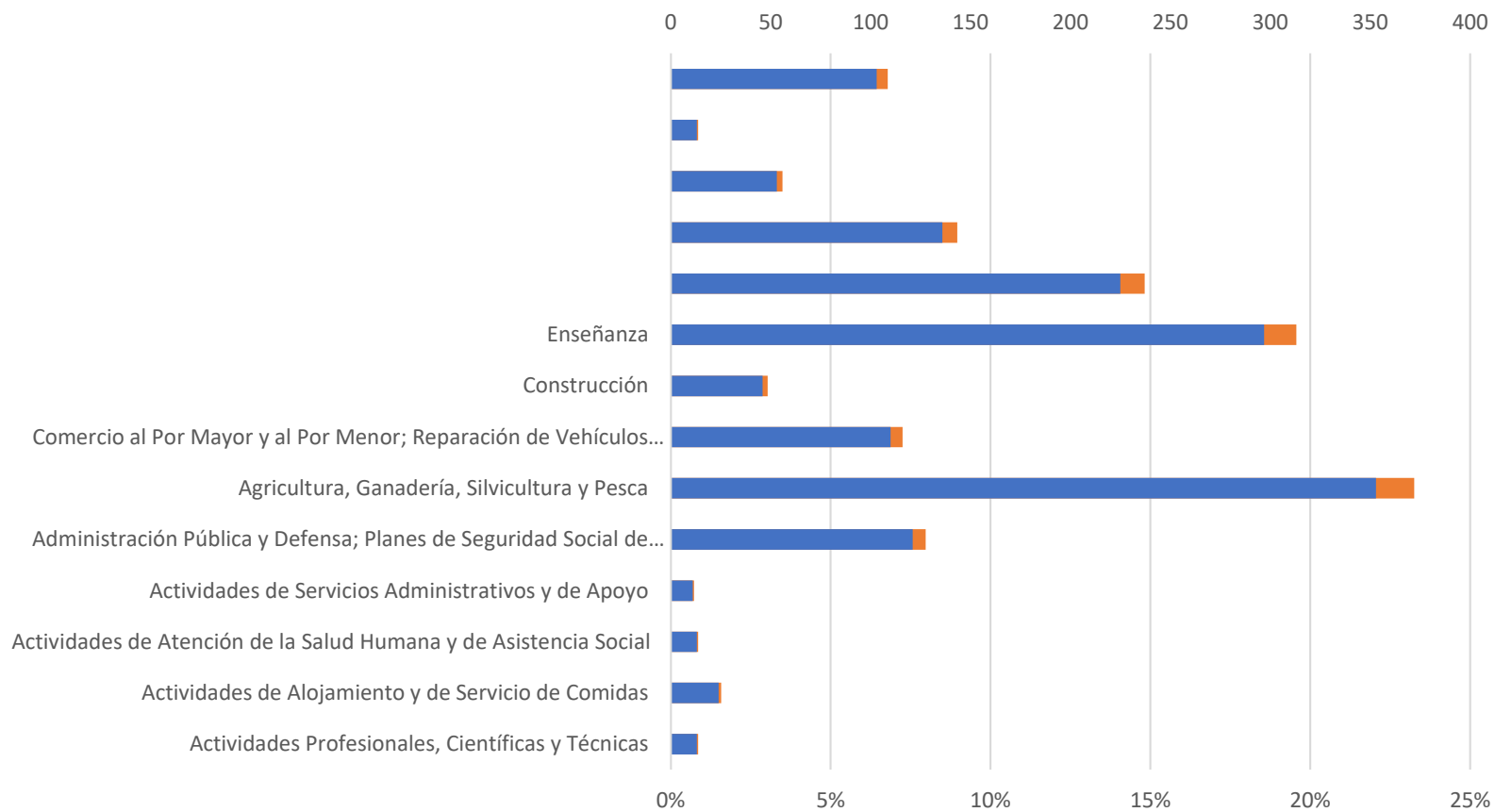


Figura 2-6. Número de personas ocupadas por rama de actividad en la Comuna La Higuera en 2020

Fuente: Elaboración propia con datos de CASEN (2020)

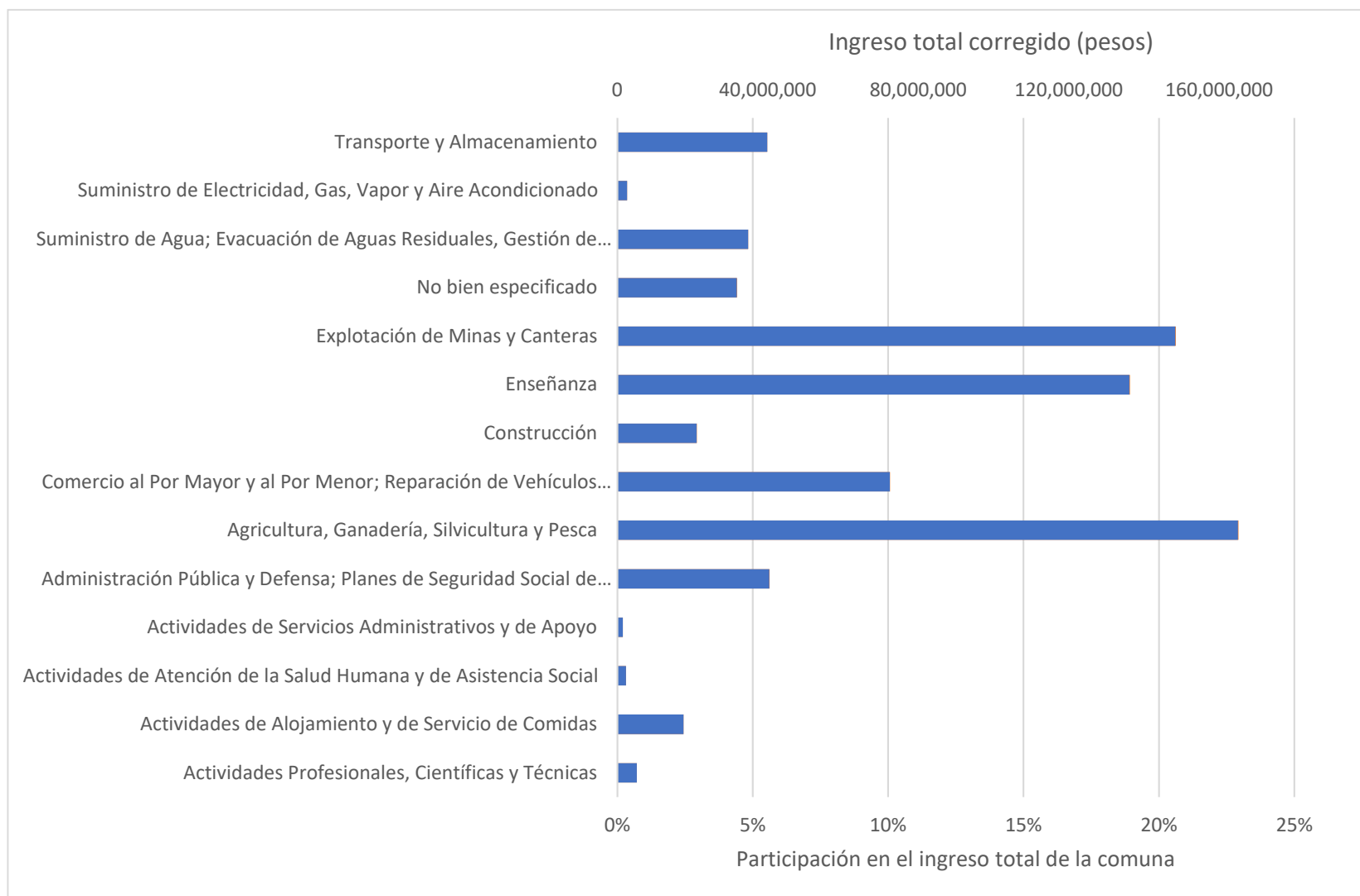


Figura 2-7. Suma de los ingresos totales corregidos de las personas (pesos corrientes) por rama de actividad económica en la Comuna La Higuera en 2020

Fuente: Elaboración propia con datos de CASEN (2020).

De acuerdo con datos del Ministerio de Minería la comuna tiene un total de 95 operaciones mineras que se concentran en los recursos de cobre y oro (Ver Tabla 2-3). El tipo de actividad principal son las minas subterráneas y a rajo abierto.

Tabla 2-3: Número de faenas mineras por tipo de actividad y recurso en la comuna de La Higuera

Faena Minera	Baritina	Cobre	Hierro	Manganeso	Oro	Total
Exploración de superficie	0	4	1	0	0	5
Mina rajo abierto	0	22	3	1	1	27
Mina subterránea	2	34	0	0	12	48
Planta concentradora	0	4	5	0	0	9
Planta molienda	0	0	0	1	1	2
Prospección	0	1	0	0	0	1
Otros	0	1	2	0	0	3
Total	2	66	11	2	14	95

Fuente: Elaboración propia con datos del Ministerio de Minería (2021)

En el caso de la actividad silvoagropecuaria, se consultó el catastro frutícola 2018 (CIREN, 2018) donde se establece que la comuna de La Higuera posee una superficie cultivada del orden de 75 Has. En la Tabla 2-4 se presentan las principales especies frutales cultivadas en la comuna de La Higuera. También fue consultado el Catastro Vitivinícola Nacional 2020 del SAG, el cual indicaba cultivos de 0 has en la comuna de La Higuera. A pesar de lo anterior, se realiza un análisis según imágenes satelitales para determinar la distribución de superficies regadas, notando la existencia del orden de 60 has de parronales de uva. De acuerdo con lo anterior, es posible establecer una superficie total de explotaciones de 134 mil hectáreas.

Tabla 2-4: Actividad Agrícola en la Comuna de La Higuera

Especie	Superficie (ha)
Olivo	66,8
Limonero	4,5
Almendro	0,9
Lima	0,8
Naranja	0,8
Duraznero consumo fresco	0,5
Mandarino	0,2
Duraznero tipo conservero	0,1
Chirimoyo	0,02
Uva	59,0
Total	133,6

Fuente: Elaboración propia con datos de interpretación satelital y Catastro Frutícola de CIREN (2018)

Finalmente, la actividad pesquera se desarrolla en las distintas caletas de la comuna. En la Tabla 2-5 se presenta el desembarque promedio entre 2015 y 2020, por caleta y tipo

de recurso en la comuna La Higuera (toneladas netas). En este cuadro se puede apreciar que los principales recursos extraídos son las algas y los moluscos. Por otra parte, las caletas con las mayores extracciones son las de Los Choros y Punta de Choros.

Tabla 2-5: Desembarque promedio entre 2015 y 2020, por caleta y tipo de recurso en la comuna La Higuera (toneladas netas)

Caleta	Algas	Crustáceos	Moluscos	Otros	Peces
Chungungo	88	0	5	0	0
El Apolillado	29	0	12	0	0
Hornos	98	4	17	3	4
Los Choros	31	0	175	2	0
Punta Choros	212	3	39	1	1
Totoralillo Norte	22	1	4	2	1

Fuente: Elaboración propia con datos de SERNAPESCA (2021)

2.3 DIMENSION FÍSICA

En esta sección se presenta una visión general de la cuenca del río Los Choros en términos de su geografía, analizando aspectos referentes a la geomorfología y geología, suelos y drenaje.

2.3.1 Geología

Se realiza esta descripción en base al Mapa Geológico de Chile, escala 1:1.000.000 del SERNAGEOMIN (2003) y la Carta Geológica N° 55 SERNAGEOMIN (1982). La Figura 2-8 presenta la distribución de las unidades de acuerdo con las referencias antes indicadas. Las unidades geológicas se describen a continuación, agrupadas según su ubicación respecto de la Cordillera de la Costa: Franja o Sector Oriental, Cordillera de la Costa y Franja Litoral.

En el Sector Oriental se presentan rocas intrusivas del tipo granodiorita pertenecientes al grupo denominado Rocas Intrusivas de la Franja Oriental, del Terciario Inferior (66 a 36 M.a.) (unidades PEg y Complejo Plutónico Los Morros). Las formaciones estratificadas observadas son de origen volcánico y sedimentario continental, cuyas edades varían entre el Cretácico Inferior y Terciario Inferior (131 a 43 M.a.).

Estas formaciones estratificadas son las siguientes:

- Estratos de Loma Amarilla, Fm Pircas y Astaburuaga, Gravas del Torín (unidad E2c): secuencias volcanosedimentarias. Brechas sedimentarias y volcánicas, areniscas e intercalaciones de tobas. Eoceno.
- Formación Icanche y Estratos del Cerro Casado (unidad E3): secuencias y centros volcánicos continentales. Lavas y brechas basálticas y andesíticas con intercalaciones de rocas piroclásticas y domos riolíticos. Eoceno.
- Formación Qda. Marquesa (unidad Ki2c): sedimentaria y volcánica continental, con intercalaciones sedimentarias marinas en su base. Barremiano - Albiano.
- Formación Pucalume (unidad Kia1c): lagunar-continental, con rocas sedimentarias en la parte inferior y rocas volcánicas en la parte superior. Cretácico Inferior.

- Formación Viñita (unidad Kia1c): volcánica-continental, con intercalaciones sedimentarias. Cretácico Superior.
- Ignimbritas Cerro Los Trigos-Cerro Dominador, calderas de Condoriaco, Las Pircas y Cerro Tololo (unidad Ks3a): secuencias y complejos volcánicos ácidos. Ignimbritas, domos e intrusivos dacíticos a riolíticos, asociadas a calderas de colapso. Cretácico Superior.
- Formación Cerro Empexa, Cerro Los Cameros, Estratos del Estanque (unidad Ks3i): secuencias volcánicas continentales. Lavas, domos y brechas basálticos a dacíticos con intercalaciones piroclásticas y epiclásticas. Cretácico Superior.
- Calderas El Salvador, San Pedro de Cachiyuyo y Lomas Bayas (unidad PE3a): secuencias y complejos volcánicos continentales ácidos. Domos y rocas piroclásticas dacíticas a riolíticas asociadas a calderas de colapso. Paleoceno – Eoceno Inferior.
- Formación Cinchado, Augusta Victoria y Chile Alemania (unidad PE3i): secuencias y complejos volcánicos continentales. Lavas y domos, andesítico-basálticos a dacíticos, con intercalaciones de rocas piroclásticas y epiclásticas. Paleoceno – Eoceno Inferior.
- Formación Elquinos (unidad Ks2c): volcánico andesítico con intercalaciones de lavas y rocas sedimentarias (66 a 43 M.a.)
- Formación Cerrillos (unidad Kia2): sedimentos clásticos continentales con intercalaciones andesíticas y sedimentarias (113 a 97 M.a.)
- Formación Bandurrias: volcánico andesítico con intercalaciones sedimentarias (119 a 113 M.a.)
- Formación Chañarcillo (unidad Ki1m): sedimentario marino (131 a 113 M.a.).

La Cordillera de la Costa presenta rocas intrusivas del tipo diorita, granito y granodiorita pertenecientes al grupo denominado Rocas Intrusivas de la Franja Central, de mayor antigüedad que las observadas en el sector de Media Montaña, siendo su edad del Cretácico Superior (108 a 90 M.a.) (unidades Jsg, Kiag, Kibg, Ksh). Las rocas estratificadas presentes son de origen volcánico y sedimentario marino-continental y sus edades varían desde el Triásico Medio al Cuaternario (244 M.a. al presente).

Las formaciones estratificadas son:

- Formación Punta del Cobre (unidades J3i y JK3): secuencia volcánica sedimentaria formada por lavas, tobas, brechas, conglomerados y calizas. Jurásico Superior – Cretácico Inferior.
- Formación Confluencia (unidad MP1c): depósitos de gravas y ripios con intercalaciones de arcillolitas calcáreas, medianamente consolidados, situados como terrazas en ambos márgenes de los valles fluviales principales. Considera facies fluviales y aluviales. Mioceno Superior a Plioceno Inferior.
- Gravas de Domeyko (unidad MP1c): sedimentos aluviales poco a medianamente consolidados, compuestos por gravas mal seleccionadas, matriz soportada, pobremente estratificados subhorizontales. Mioceno Medio (12,6 a 0,3 M.a.).
- Formación Bandurrias: volcánico andesítico con intercalaciones sedimentarias (119 a 113 M.a.).
- Formación Canto de Agua (unidad TrJ1m): sedimentos clásticos marinos, areniscas y conglomerados cuarcíferos. Triásico – Jurásico Inferior (244 a 235 M.a.).

En la Franja Litoral, que se extiende hacia el norte de la desembocadura del río Los Choros se presentan dos formaciones estratificadas cuyas edades son del Terciario Superior y del periodo Devónico-Pérmico respectivamente.

Dichas formaciones son:

- Complejo Metamórfico Punta de Choros (unidad DC4): esquistos, filitas y cuarcitas de mediano a bajo grado metamorfismo, de origen Devónico y Pérmico (408 a 245 M.a.).
- Formación Coquimbo (unidad MP1m): sedimentos marinos atarazados (15 a 1,6 M.a.).

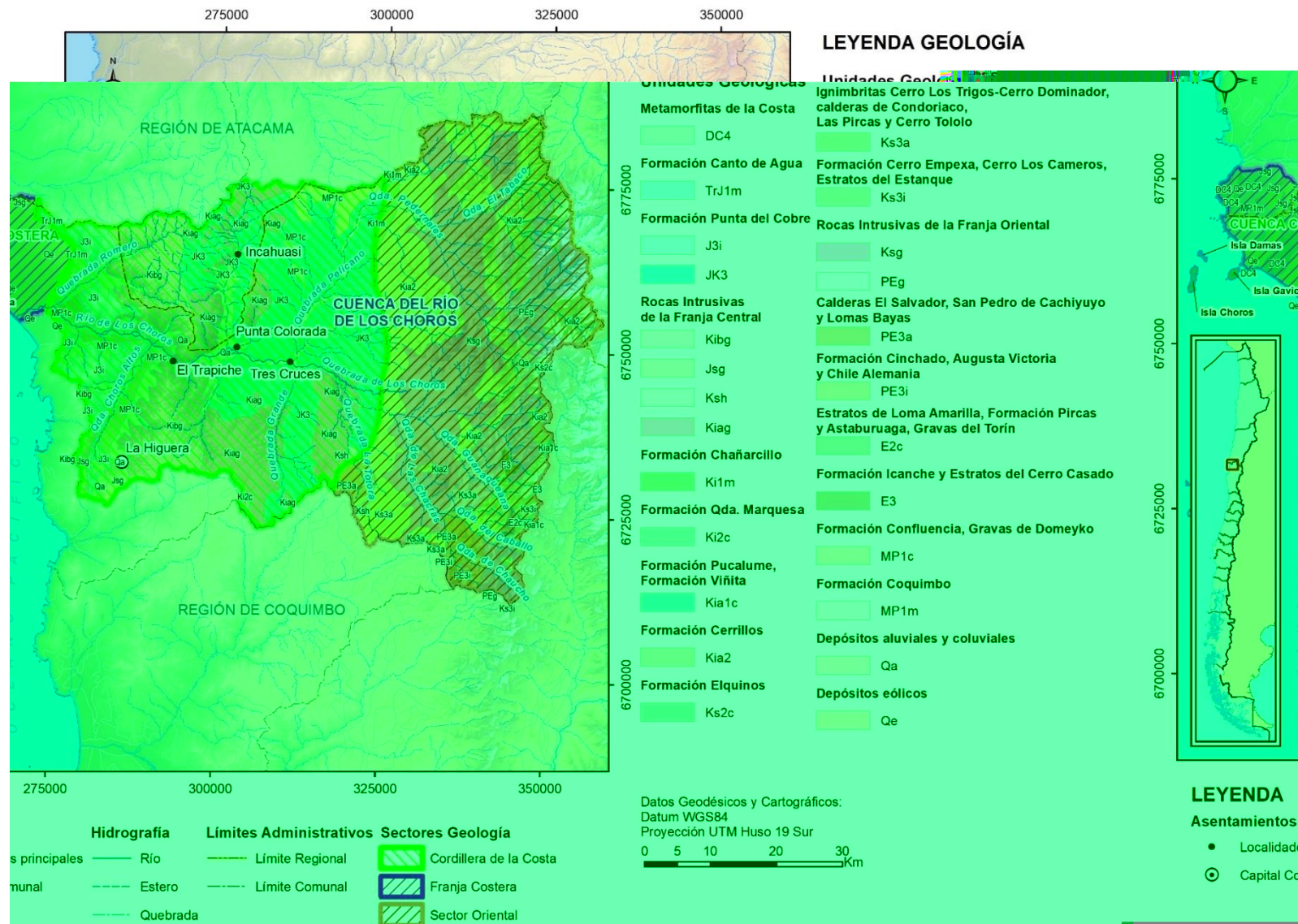


Figura 2-8: Mapa geológico de la cuenca del río Los Choros (escala 1:1.000.000)

Fuente: Sernageomin (2004)

Los depósitos modernos no consolidados, presentes en la zona a estudiar, son de origen aluvial, coluvial y eólico, y son objeto de interés para delimitar el acuífero del presente estudio. Los depósitos aluviales se encuentran distribuidos a lo largo de todo el cauce principal del río Los Choros y de las quebradas laterales. Los coluvios se encuentran ubicados en las cabeceras de las quebradas, en los flancos de los valles y al pie de las unidades montañosas. Los depósitos eólicos se observan, principalmente, en la franja litoral inmediatamente al norte de la desembocadura del río Los Choros.

Dentro de las estructuras cabe destacar el sistema de fallas con orientación NS y NNE que pertenecen al sistema de la Falla de Atacama, el cual controla la morfología local y regional, asociada también a los yacimientos de hierro más importantes del país.

2.3.2 Geomorfología

Desde el punto de vista geomorfológico, Paskoff (1970) describe tres grandes unidades de relieve a escala regional: Cordillera Principal Oriental, Cordillera Principal Occidental y Cordillera de la Costa. En la zona de estudio también están presentes la Planicie Litoral y Depresión Central, la que en este sector recibe el nombre de Depresión de Domeyko (Figura 2-9).

La Cordillera Principal Oriental constituye el límite oriental de la cuenca y se emplaza fuera del área de estudio. Se encuentra conformada por cordones de tendencia Norte-Sur, elevada y maciza, cuyas cumbres sobrepasan los 4.000 msnm. con alturas máximas que superan los 6.000 msnm (ver Figura 2-10 para referencia de distribución de altitud en la cuenca). En dicha unidad se presentan vestigios de acción glaciar.

La cuenca se encuentra separada de la Cordillera de los Andes por los valles de los ríos Carmen y Turbio, afluentes de los ríos Huasco y Elqui, respectivamente.

En la Cordillera Principal Occidental, donde tiene su cabecera la Quebrada Los Choros, se observan depresiones relacionadas con los tributarios de las quebradas principales. Estas quebradas se presentan limitadas por cordones montañosos de orientación Este-Oeste que, a su vez, actúan como las divisorias de las redes de drenaje que se desarrollan en el área. Esta unidad alcanza cumbres de entre 1.000 y 3.000 msnm, lo que limita la acumulación y, por lo tanto, el aporte de agua producto del derretimiento de nieves. Este hecho explica por qué la Quebrada de Los Choros no posee un régimen de escurrimiento continuo a lo largo del año. Esta unidad limita al este con la Cordillera Principal Oriental (Figura 2-9).

La Depresión de Domeyko tiene un ancho máximo de 25 Km y un largo de aproximadamente 100 Km. Constituida por una superficie plana compuesta de sedimentos aluviales y roca, donde los primeros generan una carpeta sobre el sustrato rocoso estratificado (Ocampo, 2015). Esta superficie se encuentra levemente inclinada hacia el Oeste y su altura varía desde los 900 msnm a los 1.300 msnm. Se encuentra limitada por el oriente por la Cordillera Principal Occidental y por el occidente por la Cordillera de la Costa.

En la Cordillera de la Costa se observan Cordones montañosos discontinuos de orientación aproximada N-S (Figura 2-9) con alturas entre los 500 y 1.500 msnm,

interrumpidos por la incisión de valles. En este sector los altos topográficos corresponden a Sierra del Pleito y Cordón del Sarco, al norte y sur de la desembocadura respectivamente, en sentido N-S (DGA, 2004).

La Franja Litoral o planicies costeras corresponde a una unidad de altura y ancho variable (Figura 2-9), se desarrollan en el norponiente de la desembocadura y constituyen las terrazas marinas existentes, presentándose casi planas, con alturas de 40 a 50 m sobre el lecho actual de la quebrada (Niemeyer, 1971). Se distinguen al menos cuatro niveles de terraza de abrasión, las cuales se encuentran incididas por las quebradas actuales. Esta unidad tiene alta presencia de depósitos eólicos.

2.3.3 Suelos

En la mayor parte de las laderas en la cuenca del río Los Choros, los suelos corresponden a suelos residuales, proveniente de proceso de meteorización *in situ*, con muy poco a nulo transporte (Ocampo, 2015). En la base de las laderas y acantilados se encuentran depósitos de coluvios como masa de roca y detritos no consolidados, formando conos gravitacionales.

En la parte alta de la cuenca el cauce corresponde a un lecho rocoso mientras que aguas abajo pasaría a conformar un lecho vivo de grava y arena producida en las zonas montañosas, las que son movilizadas por flujos. En el sistema fluvial se distinguen: tanto el cauce actual como la actual superficie de inundación; las terrazas fluviales que conforman superficies paralelas al valle actual y que coinciden con antiguas superficies de inundación; escarpes fluviales que separan las terrazas fluviales; llanuras de inundación inactivas (arena y limos); y depósitos fluviales antiguos que corresponden a los afloramientos topográficamente más bajos de la Formación Confluencia (Ocampo, 2015).

Los depósitos aluviales corresponden a depósitos de granulometrías variables entre arena y grava, ocasionalmente bloques, inmersos en matriz fina, producidos por flujos esporádicos y de volumen variable. Estos depósitos forman abanicos y planicies aluviales, según sea su ángulo y disposición (Ocampo, 2015).

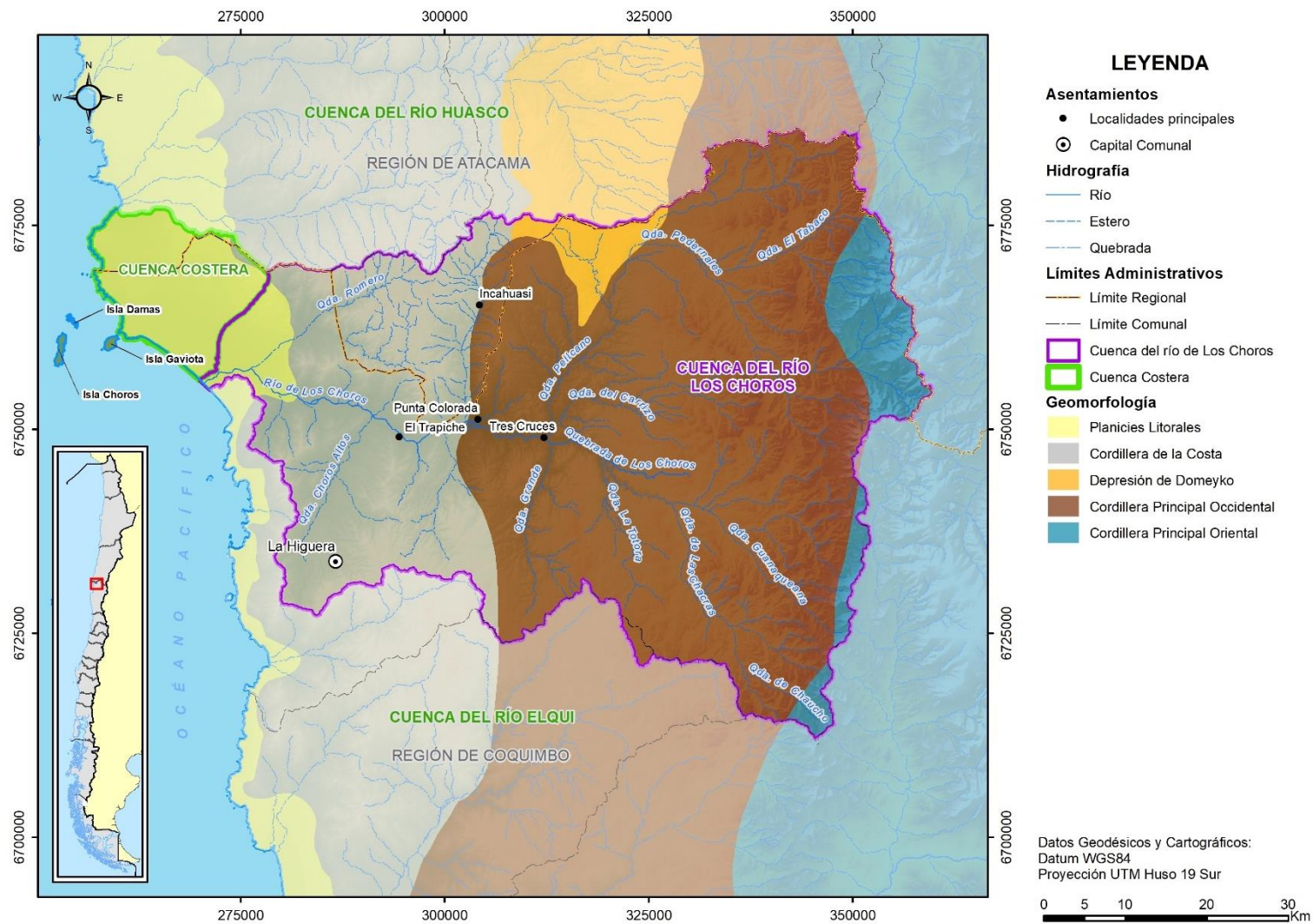


Figura 2-9: Geomorfología de la cuenca del río Los Choros

Fuente: Universidad de Chile, 2015

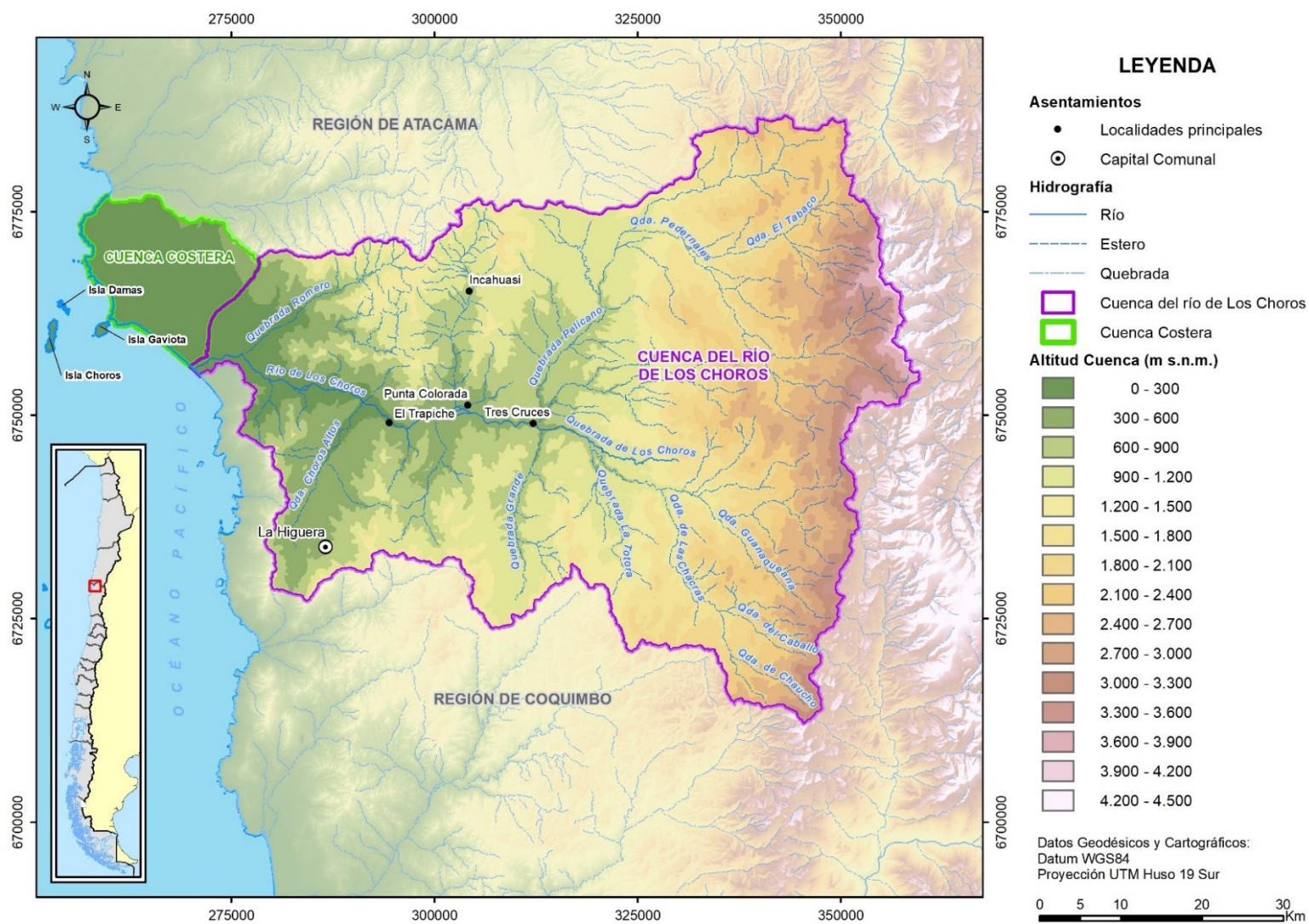


Figura 2-10: Distribución altitudinal de la cuenca del río Los Choros

Fuente: Elaboración propia en base a data geodésica

2.3.4 Drenaje

La cuenca cuenta con una superficie de 3.918 [km²], donde su quebrada se desarrolla en dirección aproximada de oriente a poniente en longitud de 100 km. La zona presenta dos entidades fisiográficas engranadas: las cabeceras y tributarios altos se sitúan en una región montañosa de mediana elevación (3.500 a 4.000 msnm) representada por los cordones Sierra del Cóndor y Alto de Peralta por el norte y oriente, y la cordillera de la Punilla más al sur. Por otro lado, la parte baja de la cuenca se desarrolla en un paisaje plano constituido en esencia por llanos o terrazas costeras. Las terrazas más altas corren 40 a 50 [m] sobre el lecho actual.

La cuenca deslinda por el sur con los tributarios del Río Elqui y la pequeña cuenca de Quebrada Honda, de la que queda separada por el cordón de cerros Buenos Aires. Por el norte tiene por vecinas las cuencas costeras de la Quebrada de Carrizalillo y la Quebrada Chañaral de Aceituno, separada de ellas por los cordones Cristales y Pajonales; y algunos tributarios al sur de la cuenca del Río Huasco, las cuales las separa las sierras Cóndor y Altos de Peralta (Niemeyer, H. 1980). Por el oriente, colinda con los contrafuertes de la precordillera, por lo tanto, no tiene alimentación desde la alta cordillera, lo que explica que los escurrimientos superficiales sean escasos o nulos, salvo en años excepcionalmente lluviosos.

En su recorrido, el río Los Choros recibe múltiples afluentes laterales que contribuyen a la acumulación de sedimentos en forma de grandes conos que engranan en los sedimentos propios de la quebrada principal. En Tres Cruces confluyen la quebrada Pelicano que proviene directamente del norte, a la cual contribuye la quebrada del Carrizo que descarga desde el nororiente, y la quebrada Guanaqueana que drena el sector sudeste de la cuenca. Un poco más abajo de Punta Colorada se junta al cauce principal la quebrada Pajonales que tiene su cabecera al pie de la cuesta homónima y desarrolla su curso en dirección N-S por 22 km. Cerca de El Trapiche desemboca en el cauce principal el valle de La Higuera o quebrada Choros Altos cuyas nacientes se encuentran en el faldeo norte de la cuesta Buenos Aires.

Todos los cauces descritos se encuentran secos en períodos normales y sólo existen algunos afloramientos de agua en la parte alta de la cuenca y en las vecindades de Choros Bajos cercano a la desembocadura del río. El diagrama unifilar asociado a la red de cauces principales se describe en la Figura 2-11, mientras que la red de drenaje se aprecia en la Figura 2-1, en el acápite de descripción del área de estudio.

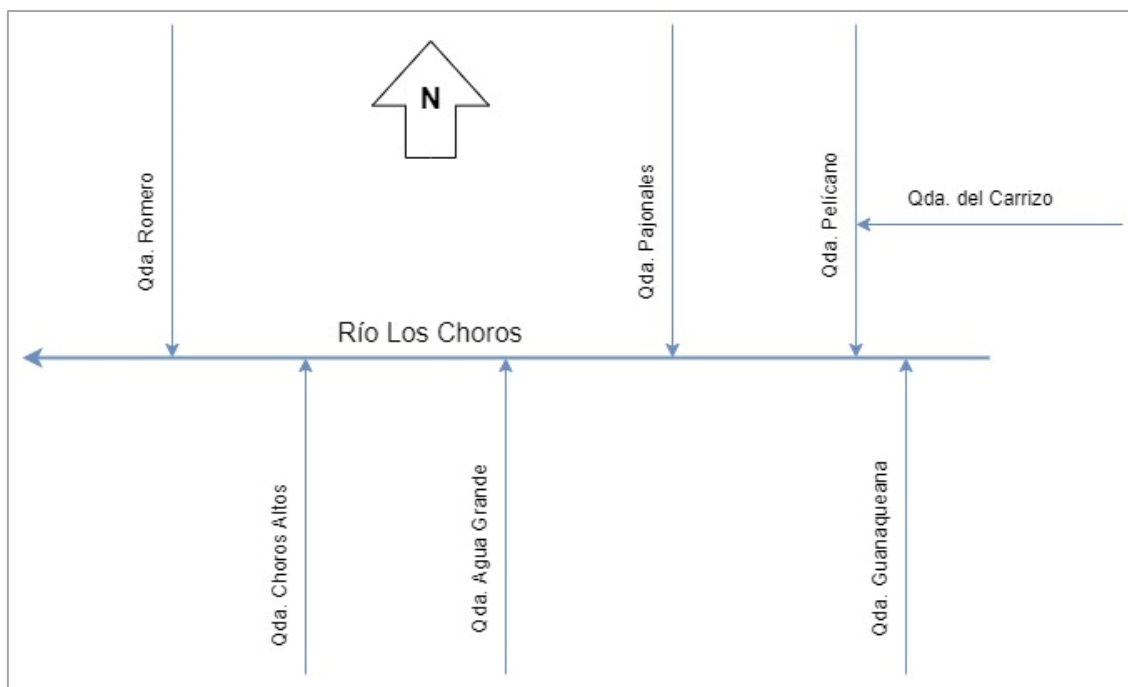


Figura 2-11. Diagrama Unifilar, red de cauces cuenca río Los Choros.

Fuente: Elaboración propia, en base a Niemeyer (1980) y Mapoteca DGA

2.4 CLIMA

2.4.1 Caracterización climática

Según la clasificación de Köppen-Geiger (IDE Chile, 2019), en la cuenca del río Los Choros y la cuenca costera se presentan diversos climas, según lo representado en la Figura 2-12.

Los climas identificados, en sentido Poniente-Oriente, se exponen a continuación:

- En la franja oeste de la cuenca y su desembocadura (incluyendo la cuenca costera), se presenta un clima de tipo BSk (s) (i), correspondiente a clima seco semiárido de lluvia invernal e influencia costera. Se caracteriza por ser un clima frío y seco, con precipitaciones escasas y temperatura media anual inferior a 18°C, presentando una débil oscilación térmica anual. También existen sectores con características de clima semiárido (BSk), los cuales se esquematizan con su etiqueta ya que la extensión espacial de su clasificación es limitada, no pudiendo verse a la escala del mapa.
- BSk (s): Clima seco semiárido de lluvia invernal. Abarca la mayor extensión de la cuenca en su parte media y media-alta en los valles. Se caracteriza por ser un clima frío y seco, con precipitaciones escasas y temperatura media anual inferior a 18°C.
- En las partes más altas de la cuenca, se presenta un clima frío de tundra de lluvia invernal (ET (s)) con lluvias suaves y presencia de nieve en invierno, pero con temperaturas bajas durante todo el año.

La Figura 2-13 presenta el climograma para la estación meteorológica “El Trapiche-DGA” (periodo de datos 1979-2020), ubicada en la parte media de la cuenca según se observa en la Figura 2-12.

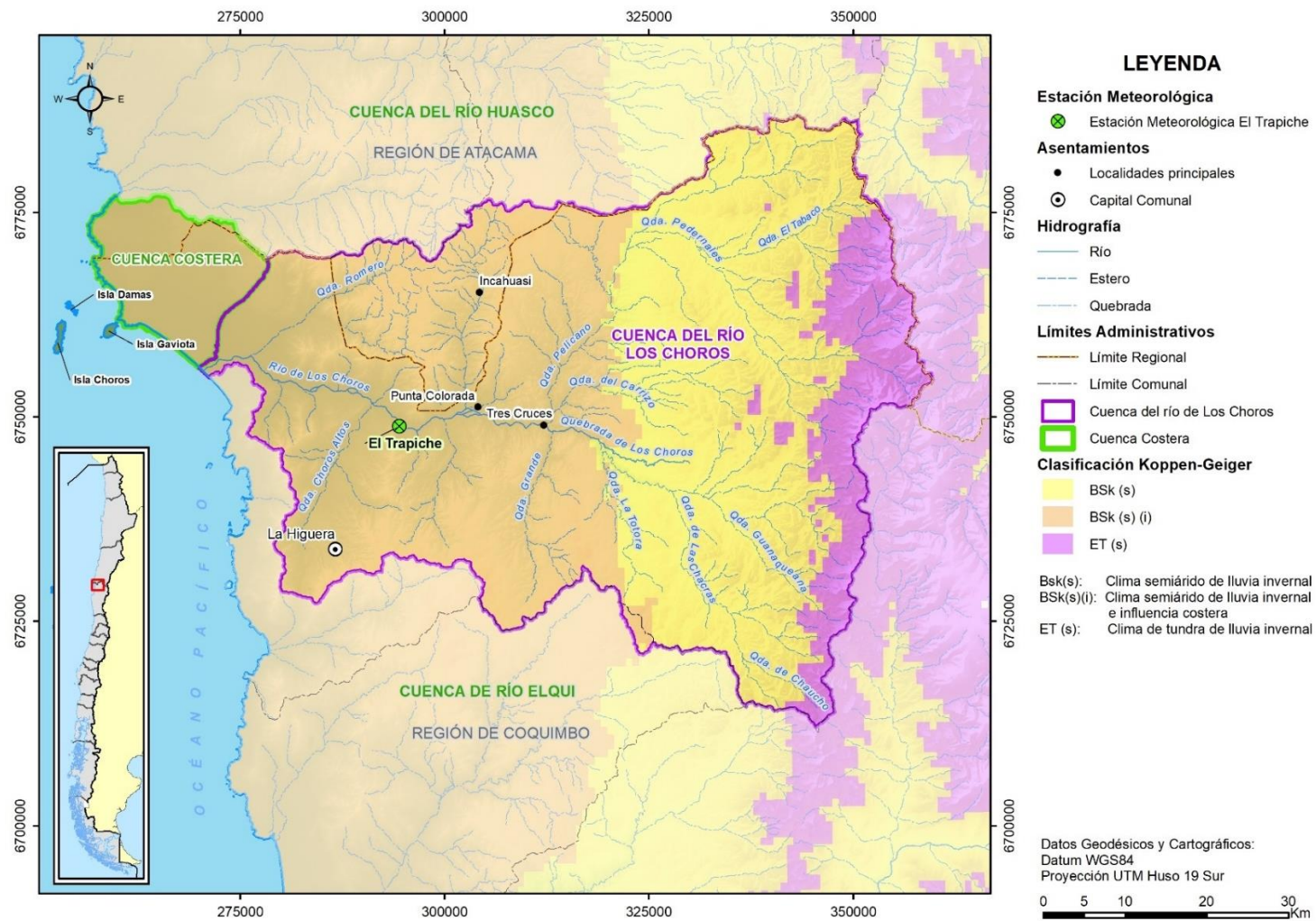


Figura 2-12. Clasificación Climática de la cuenca Los Choros

Fuente: Elaboración propia, en base a IDE Chile (2019)

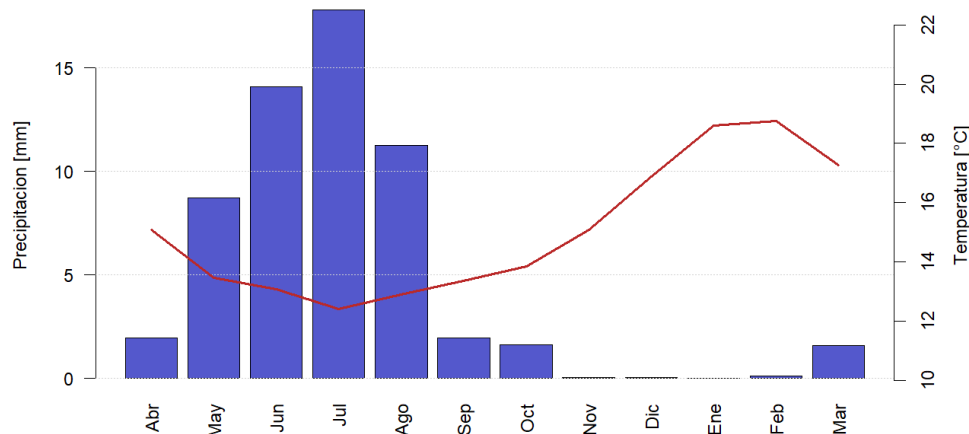


Figura 2-13. Diagrama Ombrotérmico de estación El Trapiche-DGA (4120001-4)

Fuente: DGA (2021a), complementado con información procedente desde (DGA, 2017; CR2, 2021)

La temperatura media anual en el Sector de El Trapiche es de 15,1 [°C], con máxima de 18,8 [°C] y mínima de 12,4 [°C], y una precipitación anual de 59 [mm]. En dicho sector, la máxima precipitación registrada ocurrió en 1997, con 178,5 [mm], mientras que se han registrado, al menos, cuatro años con cero precipitaciones (años 1995, 1998, 2012 y 2018). La estación El Trapiche opera desde el año 1979.

2.4.2 Eventos extremos y variabilidad climática

Para el análisis de los eventos extremos, se realiza una selección del tipo de eventos a evaluar y el período de análisis. La base de datos de referencia empleada en este estudio (LA RED, 2014) posee una lista de 36 tipos de eventos predefinidos, cuya selección se basó en la consulta de diversos diccionarios, glosarios técnicos y revisión periodística. En el presente análisis se consideran 4 tipos de eventos: Aluvión, Tormentas, Nevazón y Sequía. El detalle de la metodología se expone en el Capítulo 3.7 del Anexo F – Aspectos Metodológicos PEGH Los Choros.

2.4.2.1 Eventos Extremos Considerados

A continuación, se muestran los resultados asociados al período 1965-2020. Se identificó un total de 41 eventos diferentes. En la Figura 2-14 se muestra el resultado del total de eventos por tipo, siendo los eventos asociados a sequía los mayoritarios con un 46% del total, seguido por las tormentas con un 34%. Los eventos asociados a aluviones y nevazones se presentan en menos proporciones, con un 12% y 7%, respectivamente.

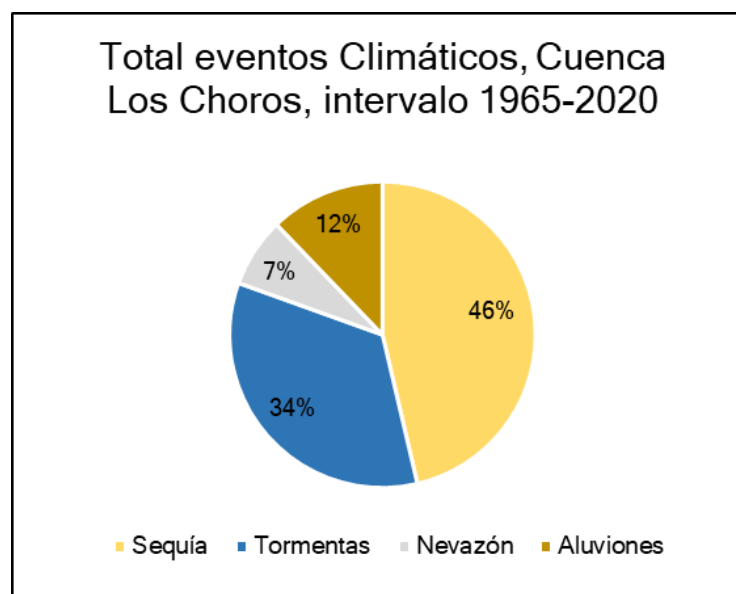


Figura 2-14. Resumen de eventos más importantes, período: 1965-2020.

Fuente: Elaboración propia, en base a (UNDRR, 2021).

En la Figura 2-15 se muestra la evolución temporal, a nivel anual, donde se aprecia una importante variabilidad de los eventos registrados, siendo el período 2010-2019 aquel con mayor número de eventos, seguido del período 1990-1999. Destaca el periodo de sequía 2010-2018 (que continua hasta la fecha de elaboración de este informe), fenómeno que se extiende desde la Región de Coquimbo hasta la Región de Los Ríos desde el año 2010 (Universidad de Chile, 2020).

De los resultados, se observa que el número de eventos se ha mantenido en el tiempo. Sin embargo, el aumento en la frecuencia de eventos climatológicos extremos ha sido ampliamente discutido (Cubasch, 2001; Karl and Trenberth, 2003). La explicación a esta diferencia corresponde a que los eventos analizados en estos estudios resultan ser muchas veces del tipo secundario, vale decir, fueron generados a causa de un evento primario, el cual pudo haber sido un evento climatológico -como los considerados en esta sección-; por lo tanto, la frecuencia de los eventos primarios puede mantenerse, pero esto no implicaría una frecuencia similar de eventos secundarios.

En relación con el nivel de impacto en la población, la facilidad de comunicación mediante redes interpersonales ha permitido mostrar con mayor detalle los efectos de cada evento, generándose a la vez un aumento en la amplitud de su impacto (Kasperson *et al.*, 1988), con la búsqueda permanente de su justificación mediante el cambio climático.

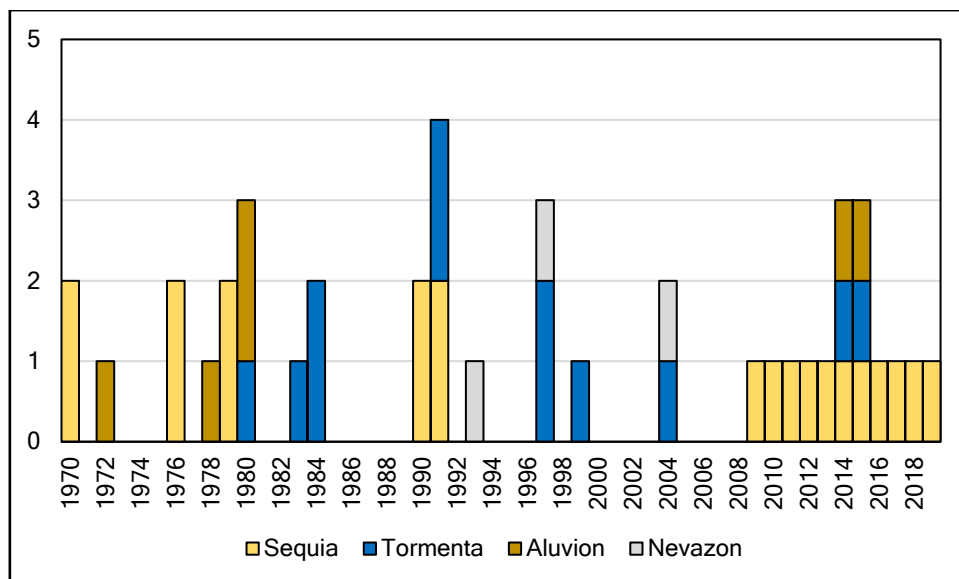


Figura 2-15. Variación de eventos (comuna de La Higuera) más importantes en el tiempo, período 1965-2018.

Fuente: Elaboración propia, en base a (UNDRR, 2021).

2.4.2.2 Variabilidad climática

Las principales variables que definen la variabilidad climática corresponden a la precipitación y temperatura¹. Estas variables son analizadas para el periodo histórico (1979-2020) y futuro (2021-2060) utilizando los registros de las series ponderadas a escala de cuenca generadas a partir de los resultados del Balance Hídrico Nacional. Estos resultados corresponden a las series anuales históricas y futuras para cada modelo de circulación general (MCG).

En particular, los MCG seleccionados en DGA (2017a) para representar las proyecciones de cambio climático corresponden a: CSIRO-Mk3-6-0, CCSM4, MIROC-ESM y IPSL-CM5A-LR.

La metodología en detalle para establecer la variabilidad climática asociada a la precipitación y temperatura se expone en el Capítulo 3.7 del Anexo F – Aspectos Metodológicos PEGH Los Choros. Por otra parte, se presentan a continuación los resultados del análisis de variabilidad para las dos variables hidrometeorológicas, a escala de cuenca.

- Precipitación

En la Figura 2-16 y Figura 2-17 se muestran los resultados gráficos de la variabilidad de la serie de precipitaciones para los MCGs considerados, mientras que en la Tabla 2-6 se resumen los resultados numéricos. El periodo histórico presenta una tendencia estadísticamente significativa a la disminución de las precipitaciones. Los cuatro MCGs

¹ No se considera al caudal como variable ya que 1) no existen registros fluviométricos y 2) los caudales superficiales se generan solamente en eventos fuertes de precipitación.

presentan también tendencias a la disminución, las que se evidencian al considerar la línea de tendencia (línea punteada en la Figura 2-16) de la precipitación anual promedio de los modelos.

En promedio, los MCGs proyectan para el periodo futuro 2021-2060 una disminución de 15 mm en la precipitación media anual, siendo MIROC el modelo más pesimista con una disminución del 28% con respecto al escenario histórico (1979-2020).

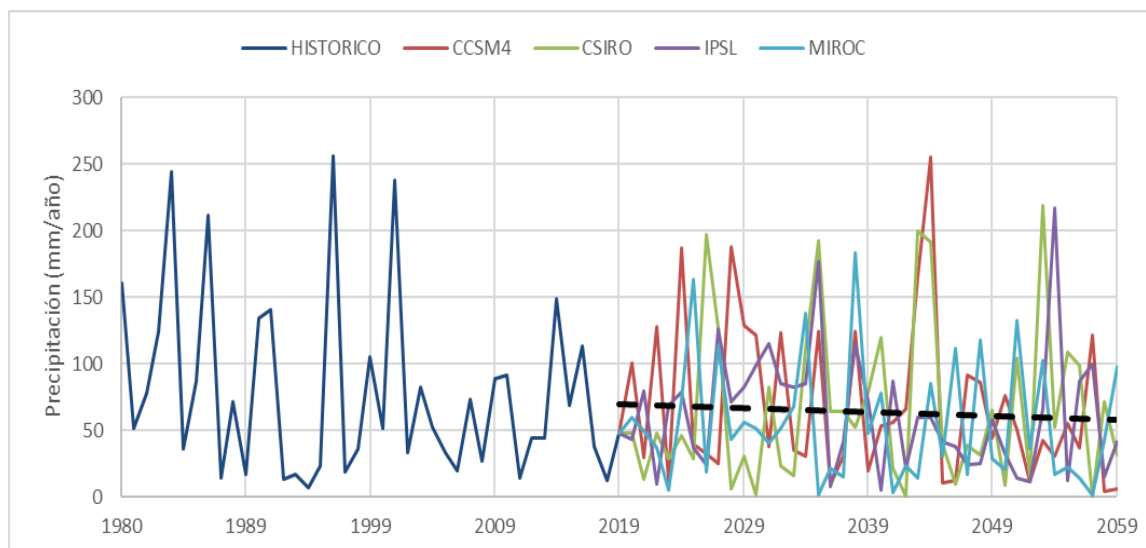


Figura 2-16. Precipitación anual para el periodo histórico (1979-2020) y futuro (2021-2060)

Fuente: Elaboración propia, en base a DGA (2017a)

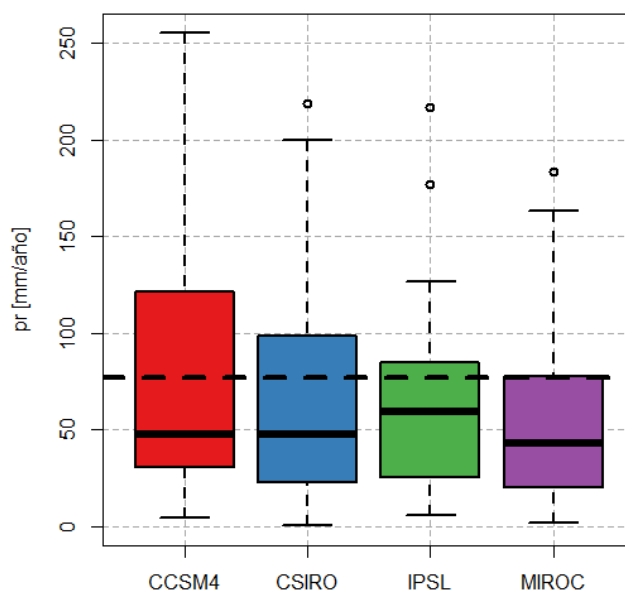


Figura 2-17. Gráficos de caja para los valores anuales de precipitación para los 4 MCGs. La línea negra punteada indica el promedio del periodo histórico

Fuente: Elaboración propia, en base a DGA (2017a)

Tabla 2-6: Estadísticos de precipitación anual para el periodo histórico (1979-2020) y 4 MCGs (2021-2060)

Modelo / Período	Promedio [mm]	Desv. Estándar [mm]	Coef. De Variación	Variación Relativa c/r Histórico [%]
Histórico	77,20	67,50	0,87	--
CCSM4	69,60	58,90	0,85	-9,80
CSIRO	66,70	60,70	0,91	-13,60
IPSL	62,60	45,20	0,72	-18,90
MIROC	55,60	46,10	0,83	-27,90

Fuente: Elaboración propia, en base a DGA (2017a)

- Temperaturas

En la Figura 2-18 y la Figura 2-19 se muestran los resultados gráficos de la variabilidad de la serie de temperaturas para los MCGs considerados, mientras que en la Tabla 2-7 se resumen los resultados numéricos. El periodo histórico presenta una tendencia al aumento de temperaturas; sin embargo, esta no es significativa. Los cuatro MCGs, en tanto, proyectan para todo el periodo futuro 2021-2060 tendencias levemente mayores que en el periodo histórico y similares entre sí, con aumentos mayores a 1°C en todos los casos.

En promedio, las proyecciones 2021-2060 estiman un aumento de 1,15 °C a escala de cuenca (ver línea punteada en Figura 2-18), siendo el modelo MIROC el que expone un mayor incremento de temperatura, con 1,26 [°C] con respecto al escenario histórico (1979-2020). Las desviaciones estándar obtenidas para los MCGs son similares a la desviación calculada para el periodo histórico, obteniéndose una variabilidad interanual similar.

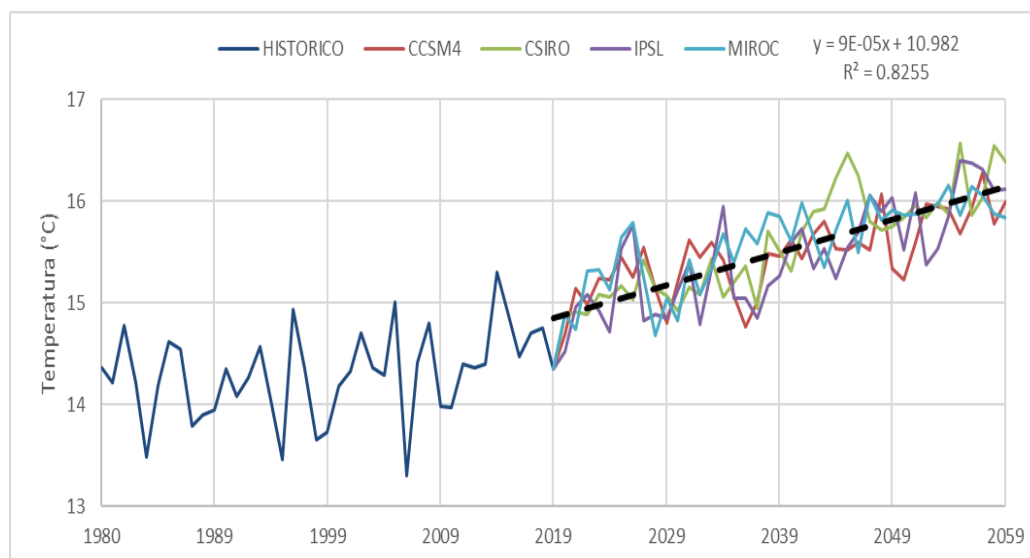


Figura 2-18. Temperatura media anual para el periodo histórico (1979-2020) y futuro (2021-2060)

Fuente: Elaboración propia, en base a DGA (2017a)

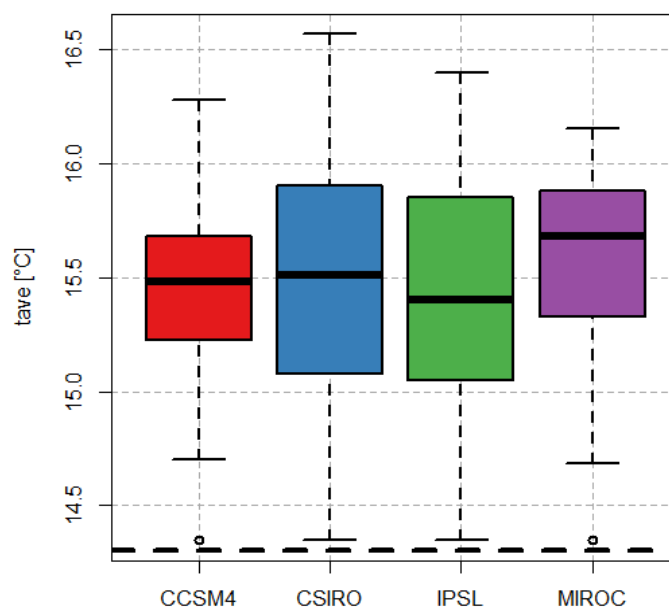


Figura 2-19. Gráficos de caja para los valores anuales de temperatura para los 4 MCGs. La línea negra punteada indica el promedio del periodo histórico.

Fuente: Elaboración propia, en base a DGA (2017a)

Tabla 2-7: Estadísticos de temperatura anual para el periodo histórico (1979-2020) y 4 MCGs (2021-2060)

Modelo / Período	Promedio [°C]	Desv. Estándar [°C]	Coef. De Variación	Variación Relativa c/r Historico [°C]
Histórico	14,30	0,44	0,03	--
CCSM4	15,45	0,40	0,03	1,15
CSIRO	15,55	0,54	0,03	1,25
IPSL	15,43	0,53	0,03	1,13
MIROC	15,56	0,44	0,03	1,26

Fuente: Elaboración propia, en base a DGA (2017a)

2.4.3 Escenarios de cambio climático

La selección de los modelos de circulación general (MCG) para el estudio se enmarca en la metodología empleada en la Actualización del Balance Hídrico Nacional (DGA, 2017a). Como se mencionó en la sección anterior, los modelos determinados en tal estudio corresponden a CSIRO-MK3-6-0, CCSM4, MIROC-ESM y IPSL-CM5A-LR.

De acuerdo con DGA (2017a) estos modelos fueron seleccionados por 3 razones fundamentales:

1. Respuesta regional a ambos modos globales de variabilidad climática: Esto considera que también interpretan los modelos señales como El Niño/Oscilación del

Sur (ENSO) y el Modo Anular del hemisferio Sur (SAM), ambos asociados a la precipitación.

2. Sensibilidad Climática: El grado de respuesta de los modelos ante las variaciones de temperatura y de concentraciones de CO₂. Hay modelos con distintas sensibilidades.
3. Cambios regionales: Se evaluaron los cambios en las forzantes de precipitación y temperatura para el escenario RCP 8.5 en la ventana 2030-2060 respecto de la línea base. Se buscaron entonces modelos que cubrieran una gama de variaciones.

Para la evaluación del escenario de cambio climático del PEGH, se seleccionan preliminarmente los dos MCG que generan las menores variaciones de precipitación para las cuencas, de manera que las iniciativas a evaluar sean factibles de implementarse en la situación futura (2021-2060).

Las variaciones de precipitación fueron obtenidas para diversas cuencas en DGA (2017a) (Tabla 2-8), entre las cuales no se encuentra la de Los Choros, sin embargo, si se tienen sus cuencas vecinas: Huasco y Elqui.

Tabla 2-8: Resumen de las variaciones porcentuales de precipitación para distintas cuencas estudiadas en DGA (2017a).

Modelo MCG	CSIRO-MK3.6	CCSM4	MIROC-ESM	IPSL-CM5A-LR
Cuenca/Ventana temporal de variación	30-60; 85-15	30-60; 85-15	30-60; 85-15	30-60; 85-15
Copiapó	-15%	-12%	-26%	-18%
Huasco	-5%	-7%	-28%	-14%
Elqui	-4%	-4%	-27%	-14%
Limarí	-5%	-9%	-25%	-16%
Choapa	-7%	-11%	-24%	-17%
Aconcagua	-9%	-12%	-21%	-16%
Maipo	-9%	-12%	-18%	-18%

Fuente: Elaboración Propia en base a Anexo F (DGA, 2017a).

Tal como se aprecia en la tabla anterior, para las cuencas de Elqui y Huasco (vecinas a Los Choros), la variación de precipitación para el modelo CSIRO es de un -4% y -5%, mientras que para el modelo CCSM4, la variación corresponde a -4% y -7%, respectivamente. Lo anterior se alinea con el análisis realizado en la sección 2.4.2 del presente informe, que indica que los modelos CCSM4 y CSIRO son los de menor baja de precipitaciones respecto al periodo histórico 1979-2020. En consecuencia, los modelos seleccionados preliminarmente para ser evaluados en la situación futura fueron CSIRO y CCSM4. En la sección 5.1.2.1. se detallará el proceso de selección del modelo que servirá como base para la evaluación futura.

2.5 DIMENSIÓN AMBIENTAL

En este apartado se identifican los ecosistemas terrestres y de aguas continentales presentes en la cuenca, así como las figuras de protección existentes.

2.5.1 Ecosistemas Terrestres

Las formaciones y pisos vegetacionales de la cuenca del río Los Choros, obtenidas del trabajo de Luebert y Pliscoff (2017), se detallan en la Tabla 2-9 y se esquematizan en la Figura 2-20.

Tabla 2-9: Ecosistemas terrestres según piso vegetal

Formación	Código piso	Piso	Area (km ²)	Porcentaje superficie (%)
Matorral bajo de altitud	P108	Matorral bajo tropical-mediterráneo andino de <i>Adesmia hystrix</i> - <i>Ephedra breana</i>	90,4	2%
Matorral bajo de altitud	P109	Matorral bajo tropical-mediterráneo andino de <i>Adesmia subterranea</i> - <i>Adesmia echinus</i>	119,6	3%
Matorral desértico	P17	Matorral desértico mediterráneo costero de <i>Oxalis virgosa</i> - <i>Heliotropium stenophyllum</i>	141,7	4%
Matorral desértico	P18	Matorral desértico mediterráneo interior de <i>Adesmia argentea</i> - <i>Bulnesia chilensis</i>	2.357,1	61%
Matorral desértico	P19	Matorral desértico mediterráneo interior de <i>Heliotropium stenophyllum</i> - <i>Flourensia thurifera</i>	47,7	1%
Matorral bajo desértico	P26	Matorral bajo desértico mediterráneo andino de <i>Senecio proteus</i> - <i>Haplopappus baylahuen</i>	1.008,9	26%
Herbazal de altitud	P117	Herbazal tropical-mediterráneo andino de <i>Chaetanthera sphaeroidalis</i>	72,3	2%

Fuente: Elaboración propia basada en Luebert y Pliscoff (2017)

2.5.2 Ecosistemas Acuáticos

Para identificar ecosistemas acuáticos, se procedió a ubicar la existencia de humedales en el sector. Con dicho objetivo se consultó el Inventario Nacional de Humedales (MMA, 2021), de donde se obtuvieron los sitios de relevancia ambiental y la descripción de las unidades ecológicas de relevancia señalados en la Tabla 2-10. Además, estas unidades se referencian geográficamente en la Figura 2-20.

Tabla 2-10: Humedales registrados en el Inventario Nacional de Humedales

Nombre	Descripción básica
Río de Los Choros	Río con periodos secos, con lagunas y vegetación estacionales.
Humedal de Los Choros (La Boca)	Humedal costero proveniente del río Los Choros con ciclos de llenado dependiente de las lluvias y la intrusión salina del mar
Desembocadura Los Choros	Laguna salobre con potencial presencia de microalgas rojas y fauna del tipo Cisnes coscoroba, chorlos nevado, tringas y otras especies

Fuente: MMA (2021)

2.5.3 Amenazas sobre Ecosistemas

Las principales amenazas sobre los ecosistemas corresponden a una merma de disponibilidad de agua para la demanda evapotranspirativa de la flora existente en humedales y en la vegetación de los cauces, como también para el consumo de algunas especies nativas.

En este sentido, cualquier proyecto que se desee emplazar en la cuenca tiene el potencial de generar amenazas sobre los ecosistemas, ya sea por una disminución en la disponibilidad de agua o por razones de calidad de ésta. Para caracterizar lo anterior, se realiza una búsqueda de los proyectos ubicados en la cuenca del río Los Choros que actualmente se encuentran en Evaluación de Impacto Ambiental en el SEIA (Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental). Solo se identifica el proyecto Dominga, de la compañía Andes Iron, el cual se encuentra en calificación ambiental (según Resolución Exenta N°146 del 4 de agosto de 2021).

Dominga corresponde a un proyecto minero portuario cuyo yacimiento se ubica a 16 Km al norponiente de la localidad de La Higuera, y cuyos principales productos serían un concentrado de hierro de Alta Ley y concentrado de cobre.

2.5.4 Conservación de Ecosistemas

Con el objetivo de conservar los ecosistemas terrestres y acuáticos en la cuenca de Los Choros y de todos los lugares del país, se determinan áreas que se encuentran bajo protección oficial. En este sentido, existe un Registro Nacional de Áreas Protegidas (RNAP) llevado a cabo por el MMA (2021). De la búsqueda en línea, se reconocen las áreas protegidas de las Islas Choros – Damas (reserva marina) y Pingüino de Humboldt (reserva nacional). Sin embargo, al encontrarse en el mar y fuera de la delimitación de cuenca, no representan un ecosistema de análisis directo para el presente estudio de gestión hídrica.

Por otro lado, existe un Plan Nacional de Protección de Humedales para el periodo 2018-2022 (MMA, 2018), el cual busca proteger la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en áreas prioritarias de humedales. Para ello, en la primera etapa del proyecto se priorizarán 40 humedales a nivel nacional.

Durante el desarrollo del presente documento, y mediante publicación en el diario oficial el día 17 de noviembre de 2021, se declara mediante decreto supremo al humedal La Boca como santuario de la naturaleza, todo esto dentro del marco del plan nacional de protección de humedales antes mencionado.

También existe una iniciativa de área marina costera protegida – múltiples usos (AMCP-MU) a escala país, que corresponde a un espacio conformado por porciones de agua y fondo marino, rocas, playas, terrenos de playas fiscales, flora y fauna, etc. que la ley u otros medios eficientes colocan en reserva para proteger todo o parte del medio así limitado (MMA, 2011). El Ministerio del Medio Ambiente se encuentra actualmente presentando una propuesta de polígono para el área determinada por el archipiélago de Humboldt, superando las 223 mil hectáreas.

Finalmente, se identifican tres zonas dentro del marco de los “Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad” o SPCB según sus siglas: Cuesta Pajonales (ubicada en la quebrada del mismo nombre), Carrizalillo y la Reserva Marina de Punta Choros, cuyo polígono se define sobre la localidad homónima. La ubicación de estas zonas se muestra en la Figura 2-21.

La iniciativa de sitios prioritarios fue impulsada el año 2003 dentro del marco de una Estrategia Nacional de Biodiversidad liderada por el Ministerio del Medio Ambiente.

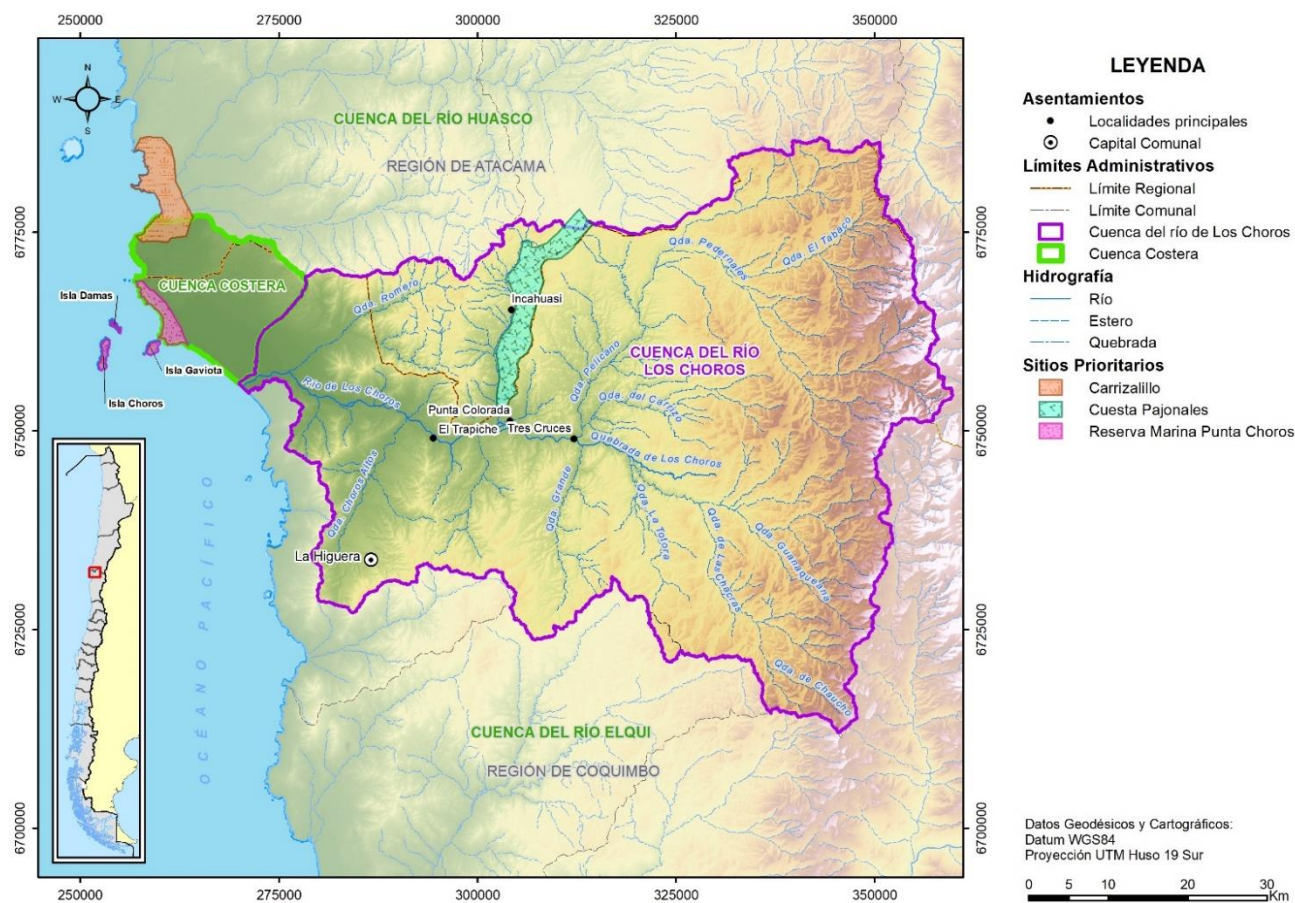


Figura 2-21. Ubicación de Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad en la cuenca del río Los Choros

Fuente: Elaboración propia basado en información de SPCB.

2.6 INFRAESTRUCTURA

A partir de la revisión de antecedentes de la cuenca del río Los Choros, se identificaron las obras relativas al recurso hídrico y que son relevantes para el propósito de este estudio. La infraestructura se ha desglosado en: obras hidráulicas (embalses y centrales hidroeléctricas, infraestructura de riego, obras de abastecimiento de agua potable y tratamiento de aguas servidas, pozos), y red de monitoreo y control de la DGA.

2.6.1 Obras hidráulicas

A continuación, se presentan las obras hidráulicas identificadas en la cuenca. Dentro de la cuenca no se identifican o informan embalses ni canales o infraestructura de riego mayor.

2.6.1.1 Obras de abastecimiento de agua potable y tratamiento de aguas servidas

La cuenca del río Los Choros es abastecida de agua potable mediante Servicios Sanitarios Rurales (SSR) en su totalidad (DGA, 2017). En la zona de estudio se tienen 6 SSR, los cuales se ubican y alimentan a las siguientes localidades: Punta de Choros, Los Choros, La Higuera, Trapiche, Punta Colorada e Incahuasi, como se observa en la Figura 2-22.

Por otro lado, se cuenta con dos plantas de tratamiento de aguas servidas rurales (PTAS): Punta de Choros y El Trapiche. Ambas plantas operan con un proceso de lodos activados (SUBDERE, 2012).

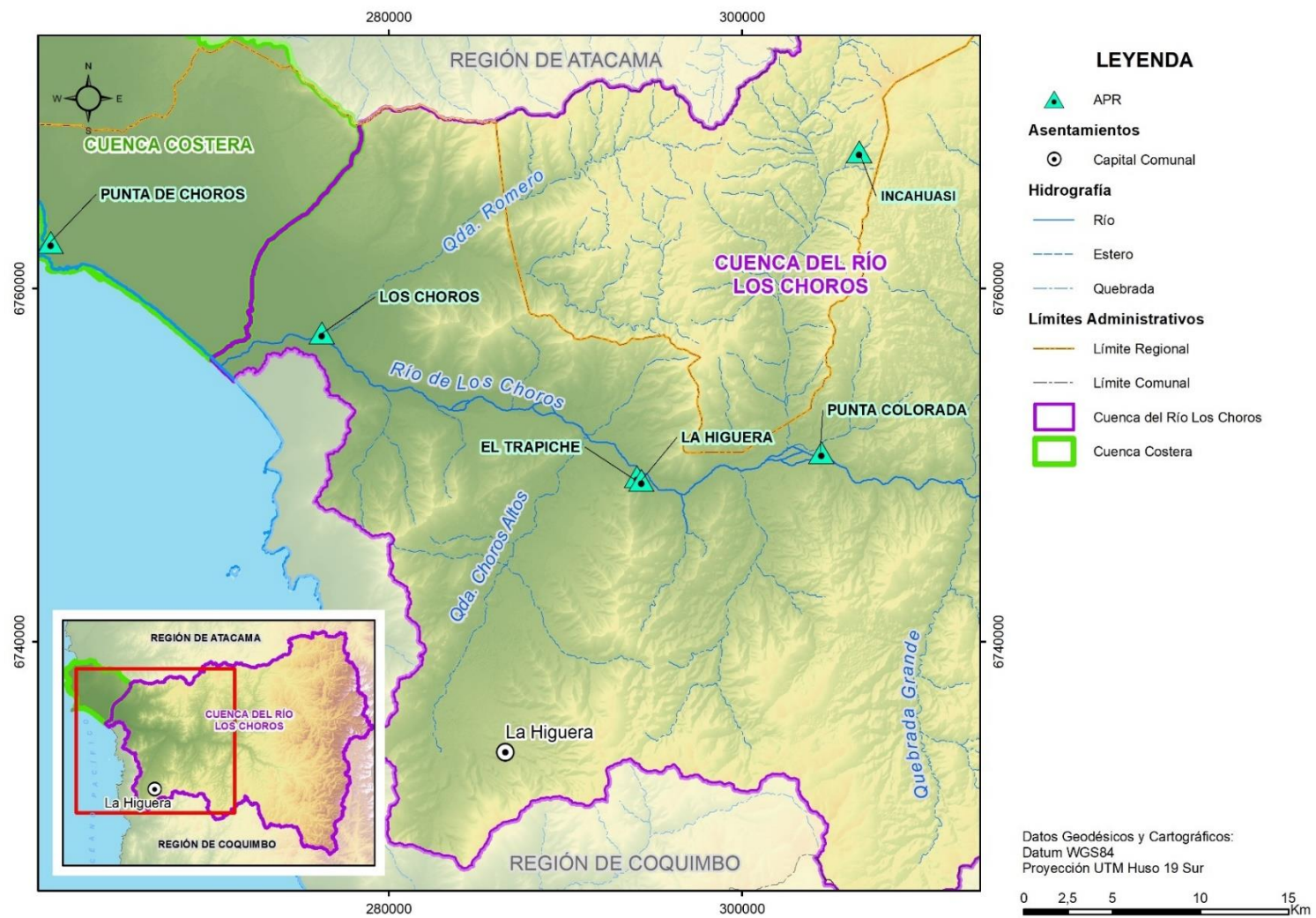


Figura 2-22: Ubicación de pozos APR (SSR) en cuenca río Los Choros

Fuente: Elaboración propia

2.6.1.2 Pozos

El catastro de pozos o puntos con información hidrogeológica fue realizado en base a las referencias disponibles y a la información de Derechos de Aprovechamientos de Agua Subterránea entregada por la DGA, para cada SHAC. Esta información fue corroborada en terreno mediante el catastro de pozos realizado por Flow.

Respecto de esta información es posible observar que, en la cuenca del río Los Choros existen 410 solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas registradas en la DGA, considerando tanto las aprobadas, rechazadas y en trámite, de los cuales se pudo acceder a 193 expedientes y a información de 27 pozos y piezómetros perforados y habilitados por el proyecto minero Dominga (REF. 06). Del total mencionado, 77 corresponden a pozos profundos con información completa de estratigrafía, habilitación y niveles estáticos, resumidos en la Tabla 2-11, y cuya distribución espacial se expone en la Figura 2-23. Mayor detalle del catastro se puede encontrar en el Anexo H, específicamente en el Anexo H.1.

Tabla 2-11. Resumen información de catastro de puntos con información hidrogeológica

Información	SHAC				
	Tres Cruces	Punta Colorada	Los Choros Altos	Los Choros Bajos	Playa Los Choros
Nº de captaciones	80	59	78	57	26
Caudal total solicitado (l/s)	1.676,85	1.138,96	1.346,34	180,2	139,3
Caudal total concedido (l/s) ²	1.251,63	879,3	1.231,59	152,6	122,7
Puntos con habilitación	24	21	14	6	5
Puntos con litología	17	21	14	6	5
Puntos con ensayos hidráulicos	23	14	2	4	6
Puntos con nivel	24	24	14	7	6
Puntos con hidroquímica	-	1	2	-	-

Fuente: Elaboración propia

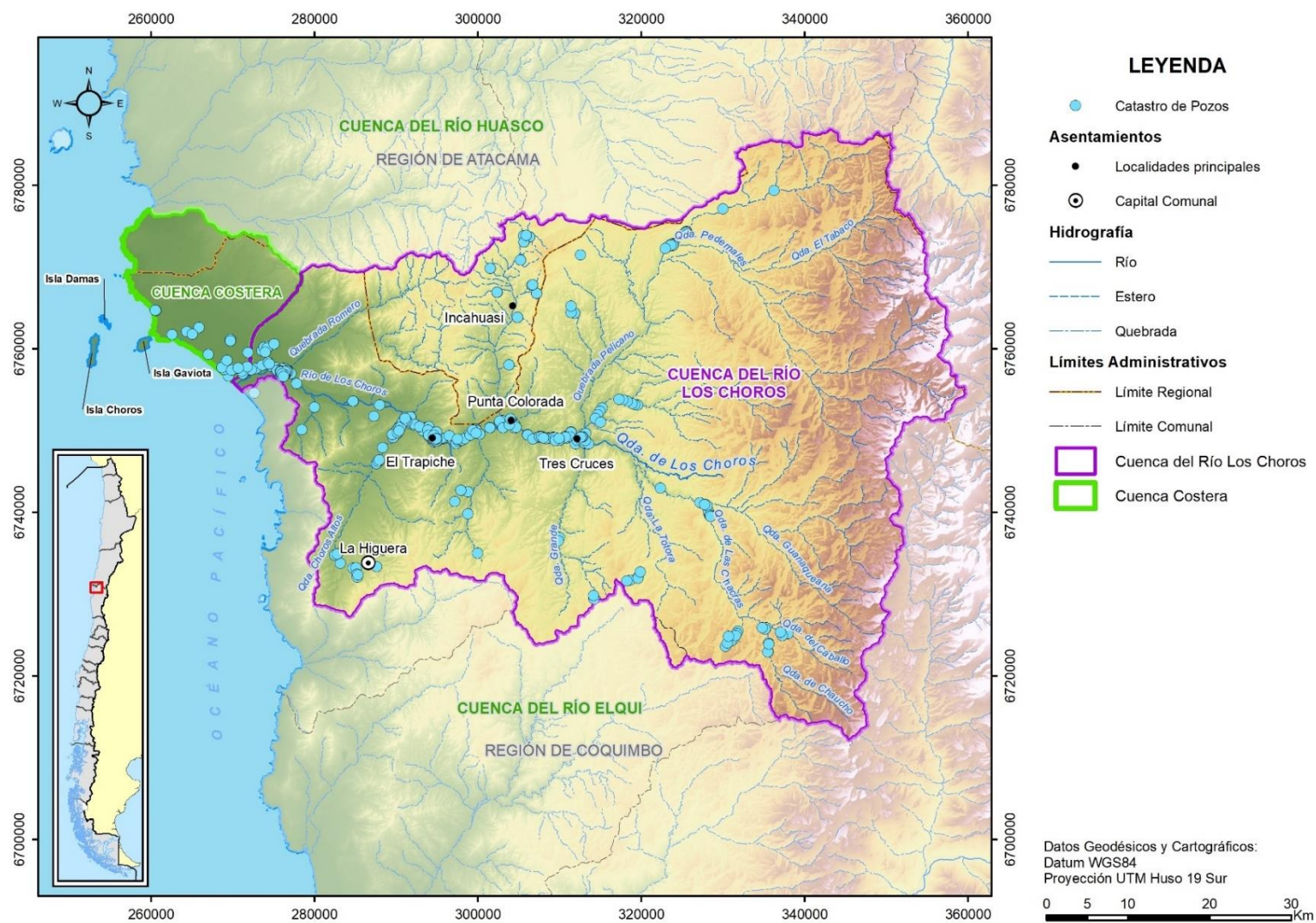


Figura 2-23: Mapa de pozos catastrados en terreno

Fuente: Elaboración propia

2.6.2 Red hidrométrica

A continuación, se presenta la red hidrométrica presente dentro de la cuenca.

2.6.2.1 Red Hidrométrica DGA

De acuerdo con la red de monitoreo y control de la DGA, en la cuenca del río Los Choros se encuentran vigentes 19 estaciones de monitoreo indicadas según tipo en la Tabla 2-12. Adicionalmente se identifica que no existen estaciones suspendidas. En la Figura 2-24 se detalla la red de estaciones de control de la DGA en la cuenca.

Se observa que no existen estaciones fluviométricas en la cuenca, dadas las condiciones de escurrimiento eventual (en tormentas fuertes). Por otro lado, de la Figura 2-24 se puede apreciar que no existen estaciones de ningún tipo en la parte alta, lo cual es una brecha de información para la caracterización de los procesos hidrometeorológicos en la cabecera de la cuenca.

Tabla 2-12: Registro de estaciones de control DGA en la cuenca del río Los Choros

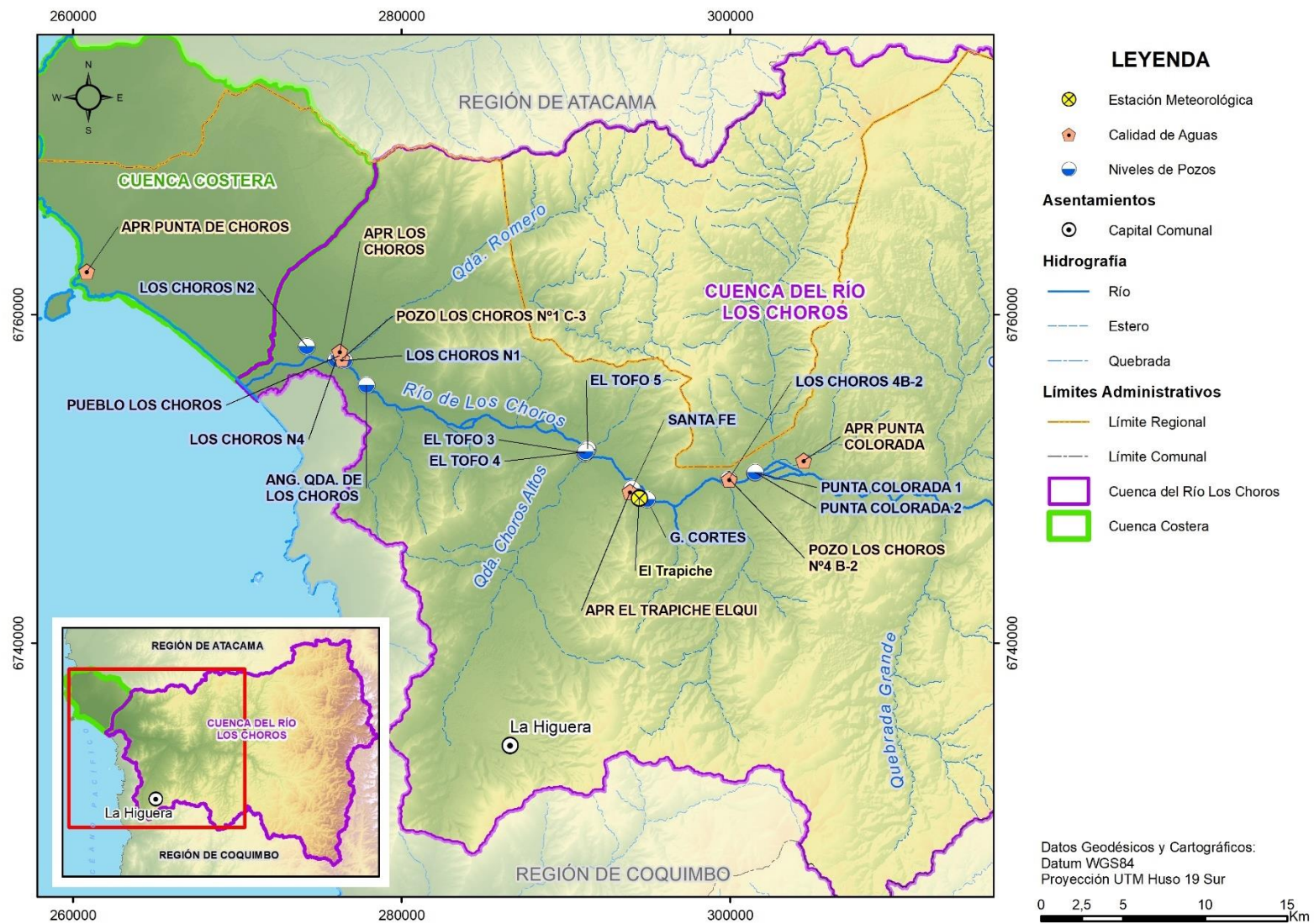
Tipo	Vigentes	Suspendidas
Calidad	5	-
Fluviométrica	-	-
Meteorológica	1	-
Nivel de Pozos	13	-
Sedimentométrica	-	-
Niveles Lagos y Embalses	-	-
Glaciológicas	-	-
Rutas de Nieve	-	-

Fuente: Elaboración propia basado en red de monitoreo DGA

2.6.2.2 Otras Estaciones Hidrométricas

A modo de complementar la información proporcionada por la DGA, se muestran las estaciones de la Red Agroclimática Nacional (AGROMET, 2021) y del Centro de Estudios Avanzados de Zonas Áridas (CEAZA, 2021). Dentro de la cuenca sólo se contabiliza una estación de cada una de estas entidades.

Para conseguir una caracterización más detallada de la cuenca se procedió a obtener información desde estaciones cercanas pertenecientes a las redes hidrométricas indicadas anteriormente. El detalle de todas las estaciones utilizadas para los procesos de calibración de datos se muestra en la Tabla 2-13.



Fuente: Elaboración propia basado Mapoteca DGA

Tabla 2-13: Detalle de Red hidrométrica, Cuenca río Los Choros y alrededores

Fuente	Nombre	Este UTM ³	Norte UTM ³	Altura [msnm]	Variable	Inicio Datos ⁴	Fin Datos
DGA	APR Los Choros	276.241	6.757.747	72	Calidad Agua		
DGA	Pozo Los Choros N°1, C-3	276.516	6.757.209	69	Calidad Agua		
DGA	APR El Trapiche, Elqui	293.914	6.749.211	330	Calidad Agua		
DGA	Pozo Los Choros N°4, B-2	299.908	6.749.964	343	Calidad Agua	10/2005	08/2021
DGA	APR Punta Colorada	304.483	6.751.119	405	Calidad Agua		
DGA	Punta Colorada	301.511	6.750.342	358	Nivel Pozo	10/2005	08/2021
DGA	Pozo Los Choros N°4, B-2	299.908	6.749.964	343	Nivel Pozo	10/2005	08/2021
DGA	G. Cortés	294.945	6.748.734	290	Nivel Pozo	10/2005	08/2021
DGA	Santa Fe	294.017	6.749.390	280	Nivel Pozo	10/2005	08/2021
DGA	El Tofo N°3	291.160	6.751.551	235	Nivel Pozo	10/2005	08/2021
DGA	El Tofo N°4	291.210	6.751.633	233	Nivel Pozo	10/2005	08/2021
DGA	El Tofo N°5	291.318	6.751.807	235	Nivel Pozo	10/2005	08/2021
DGA	Angostura Quebrada Los Choros	277.873	6.755.700	78	Nivel Pozo		
DGA	Pozo Los Choros N°1, C-3	276.516	6.757.209	69	Nivel Pozo		
DGA	Pozo Los Choros N°2	274.227	6.758.063	45	Nivel Pozo		
DGA	Pozo Los Choros N°4	276.006	6.757.257	55	Nivel Pozo		
DGA	Pueblo Los Choros	276.220	6.757.513	60	Nivel Pozo		
DGA	El Trapiche	294.474	6.748.816	288	Meteo: pr	01/1979	12/2020
					Meteo: t2m	01/1979	12/1993
DGA	Domeyko	315.392	6.795.593	765	Meteo: Pr	01/1994	12/2020
DGA	El Corral	362.606	6.778.607	1675	Meteo: Pr	01/1995	12/2020
					Meteo: t2m	01/2016	12/2020
DGA	Huanta	365.759	6.697.444	1227	Meteo: Pr	01/1989	12/2020
DGA	Río Turbio en Varillar	351.661	6.686.061	980	Meteo: Pr	01/2014	12/2020
					Meteo: t2m	01/2016	12/2020
DGA/DMC	Florida en La Serena, Ad.	287.392	6.688.463	145	Meteo: Pr, t2m	01/1971	12/2020
AGROMET ⁵	Punta Colorada	302.655	6.751.066	380	Meteo: t2m	01/2016	12/2020
AGROMET	Punta de Choros	260.082	6.762.238	~0	Meteo: t2m	01/2016	12/2020
CEAZA	Punta de Choros	260.082	6.762.238	~0	Meteo: Pr, t2m, ff, cdir	03/2012	12/2020
CEAZA	Islote Pájaro	254.489	6.724.701	~30	Meteo: t2m, ff	01/2011	06/2017
CEAZA	Punta Colorada	302.655	6.751.066	380	Meteo: t2m, ff, cdir	01/2020	12/2020
CEAZA	Huanta	365.759	6.697.444	1227	Meteo: Pr, t2m, ff, cdir	03/2010	12/2020

Fuente: Elaboración propia basada en información recopilada de DGA, AGROMET y CEAZA

1) Nota: Pr = precipitación, t2m = temperatura media, ff = velocidad viento, Cdir = radiación.

2) Estaciones destacadas en rojo presentan problemas de intermitencia, calidad y duración de la información, por lo que se muestran a título ilustrativo y no forman parte importante del desarrollo de este plan.

³ Datum WGS84, Huso 19S.

⁴ Algunas estaciones de medición no cuentan con información de acerca de fechas de inicio y término de observaciones.

⁵ La ubicación de las estaciones AGROMET y CEAZA es estimativa, no se cuenta con un producto SIG para corroborar la información entregada.

2.7 NUEVAS FUENTES EXISTENTES

En la cuenca del río Los Choros no se vislumbran -a la fecha- obras o infraestructura asociada a nuevas fuentes de agua (desalinización, recarga artificial de acuíferos, embalses, etc.). Sin embargo, en el marco del proyecto minero-portuario Dominga, se proyectaría la construcción de una planta desalinizadora de agua (y una planta de tratamiento para potabilizar parte del agua), que abastecería de agua la operación como también al consumo humano de los trabajadores de la mina (Andes Iron, 2013). Además, el proyecto contemplaría entregar 5 l/s de agua potable a la comuna de La Higuera para contribuir con la disponibilidad para consumo humano⁶.

2.8 GOBERNANZA DEL AGUA A NIVEL DE CUENCA

En este apartado se presenta el mapa de actores relevantes en materia hídrica de la cuenca, una síntesis de las problemáticas levantadas en las reuniones de participación ciudadana (PAC), y una sistematización de las brechas detectadas.

Las actividades de PAC para el diseño del Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la Cuenca del río Los Choros desarrolla una estrategia que posibilita el proceso de información y consulta a través de espacios de intercambio de opiniones, informaciones y diálogo con todos los grupos de actores claves identificados, proceso del cual se deben sacar las conclusiones respectivas que sean capaces de retroalimentar el diseño y análisis del PEGH de la Cuenca del río Los Choros. Por lo tanto, la estrategia PAC es crucial para mediar todo el proceso de sistematización, recopilación y análisis de informaciones y consultas con los actores claves identificados, como también para lograr los objetivos técnicos específicos del PEGH de la Cuenca del río Los Choros.

Detalles de las actividades ejecutadas como parte de las actividades PAC, se indican en el Anexo I Informa PAC, sección 7. Desarrollo de la Estrategia PAC.

2.8.1 Mapa de actores

El análisis y definición de actores claves o relevantes dentro del PEGH de la Cuenca del río Los Choros buscó posibilitar la participación a todos aquellos actores que tengan directa y efectiva relevancia en la gestión hídrica de la cuenca. Su identificación, definición y coordinación mutua buscó también generar los mecanismos de información y consulta necesarios para socializar con dichos actores los diagnósticos iniciales, los avances y conclusiones que se vayan generando durante el diseño del PEGH de la Cuenca del río Los Choros.

2.8.1.1 Actores en el territorio

Para la definición de los actores claves que inciden en la gestión hídrica de la cuenca del río Los Choros, se definió una "Lista larga" de actores, identificando y sistematizando a todos aquellos actores que habitan la cuenca y que tenían una orgánica estructurada y formal. Luego de ello, se hizo un segundo filtro interno considerando a aquellos actores que pudieran tener algún nivel de incidencia en la gestión hídrica territorial. Finalmente, dicha "Lista Mediana" fue socializada con las contrapartes directas de la DGA (nivel

⁶ Proyecto se encuentra en calificación. Más detalles en expediente:

https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=normal&id_expediente=2128565332

central y nivel regional), quienes entregaron sus aportes y comentarios, para finalmente consensuar la “Lista Corta” y definitiva de actores claves de la cuenca del Río Los Choros. La Figura 2-25 muestra el recorrido metodológico para la definición de los actores claves para el PEGH de la Cuenca del río Los Choros.

La Lista de actores detallados se presenta en el Anexo I – 2.

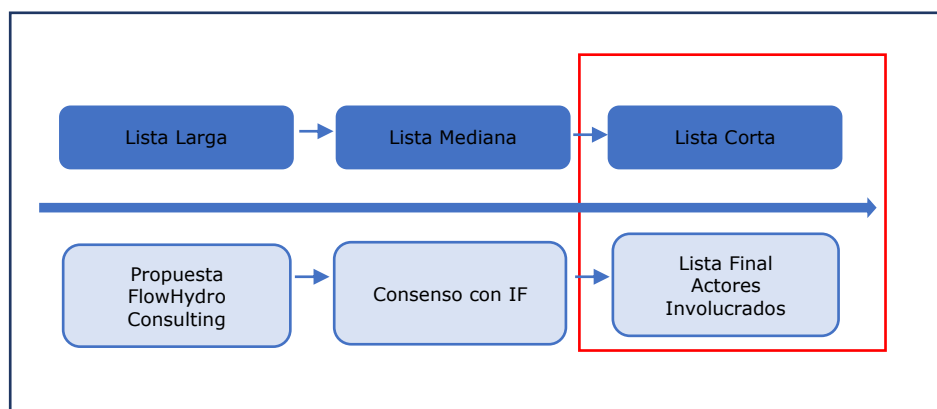


Figura 2-25. Metodología Definición de Actores Claves

Fuente: Elaboración Propia

2.8.1.2 Mapa de actores convocados

Una vez definida la “La Lista Corta” de actores involucrados, y de acuerdo a sus principales características relevantes, se definieron 3 categorías de actores (políticos, privados y organizaciones/academia) y 9 sub-categorías de sub-actores (Direcciones MOP Nivel Central, Direcciones MOP Nivel Regional, Sector Público Regional, Gobiernos Locales, Usuarios del Agua, Empresas Privadas, Sector Productivo, Sociedad Civil y Academia-Centros de Investigación), generando así grupos de actores agrupados por intereses comunes en la Cuenca. Las categorías y grupos de actores definidos se indican en la Figura 2-26.

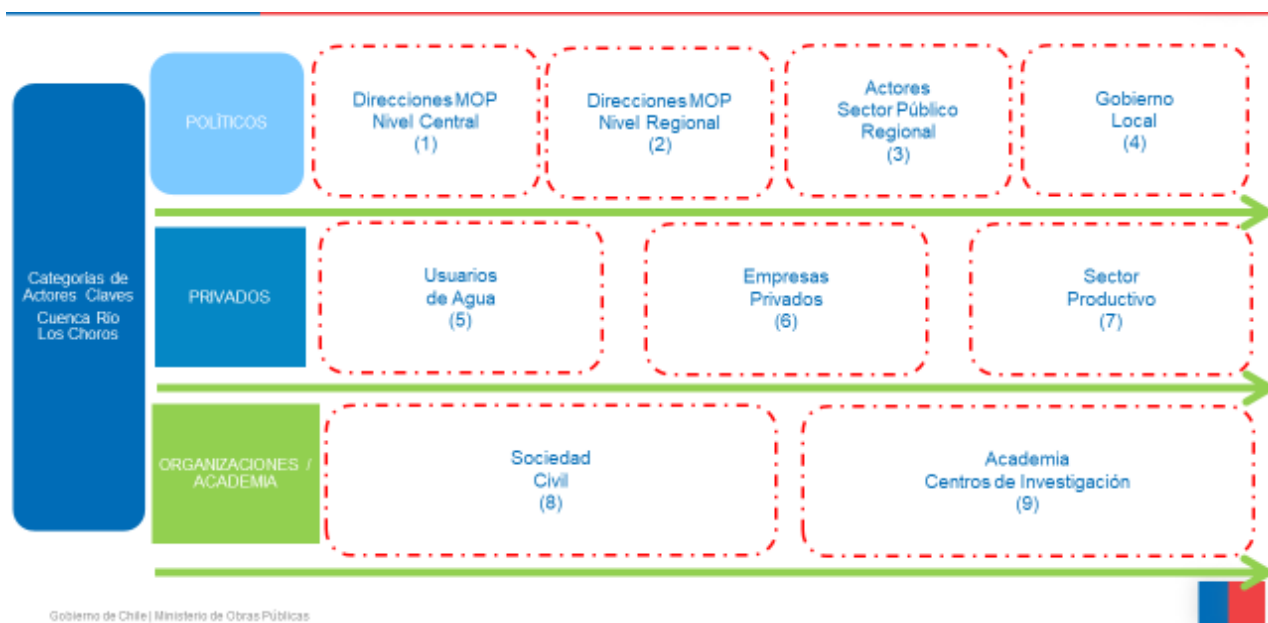


Figura 2-26. Actores Involucrados en la Cuenca río Los Choros

Fuente: Elaboración Propia

Cada uno de los grupos de actores definidos en la Figura 2-26, está compuesto por una serie de instituciones, organismos, asociaciones o grupos de poder o influencia debidamente identificados (tanto a nivel de representantes como sus contactos personales) con el objetivo de poder convocarlos a las instancias de participación ciudadana que el PEGH tiene contemplado. La Tabla 2-14 más abajo explica en detalle los tipos de actores claves que componen cada uno de los grupos y actores definidos. En total, se identificaron noventa y seis (96) actores claves que en total componen cada uno de los 9 niveles de actores identificados.

Tabla 2-14: Tipos de Actores Claves

NIVEL	GRUPO DE ACTORES	ACTORES CLAVES
Político	Direcciones MOP Nivel Central	DGA-DOH-DP
	Direcciones MOP Nivel Regional	DGA-DOH-DP-UGAT- SEREMI MOP-SISS
	Sector Público Regional	Gobierno Regional Región de Coquimbo (GORE Coquimbo)- SEREMIAS Regionales (Agricultura, Medio Ambiente, Minera, Energía), CRN, SAG, INDAP, CONAF, INIA, IF, CIREN, SMA, SEA, SERNAGEOMIN
	Gobiernos Locales	Municipalidades de La Higuera y Vallenar
Privados	Usuarios del Agua	APR 's (SSRs)
	Empresas Privadas	Eléctricas, mineras, etc.
	Sector Productivo	Sociedades agrícolas, gremios, asociaciones de productores, etc.
Organizaciones / Academia	Sociedad Civil	Organizaciones Sociales
	Academia	Universidades, Centros de Estudios

Fuente: Elaboración propia

i. Actores Políticos

Desde una mirada del diseño de políticas públicas, se ha definido como “Actores Políticos” aquellas organizaciones, instituciones y organismos de carácter público, tanto de nivel nacional, como regional y/o local o sectorial que cuyas acciones determinan, inciden o condicional la inclusión de temas en la agenda política. En este caso, se han determinado en la Cuenca del Río Los Choros cuatro (4) grupos actores políticos según como sigue:

- *Direcciones MOP Nivel Central y Regional*

De todas las Direcciones del Ministerio de Obras Públicas existentes, la Tabla 2-15 muestra o define aquellas direcciones que tienen cierto nivel de incidencia en la gestión hídrica tanto a nivel nacional como nivel regional, todas las cuales han participado de alguna forma en el desarrollo del PEGH Cuenca del Río Los Choros.

Tabla 2-15 Actor Político: Direcciones MOP Nivel Nacional y Regional

Institución	Rol
Dirección General de Aguas (DGA)	Entre otras acciones, se encarga de gestionar, verificar y difundir la información hídrica del país, en especial respecto su cantidad y calidad, las personas naturales y jurídicas que están autorizadas a utilizarlas, las obras hidráulicas existentes y la seguridad de las mismas; con el objetivo de contribuir a una mayor competitividad del mercado y el resguardo de la certeza jurídica e hídrica para el desarrollo sustentable del país. Entre sus departamentos se encuentran el Departamento de Administración de Recursos Hídricos (DARH), Departamento de Fiscalización (DF), Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos (DCPRH), Departamento de Organizaciones de Usuarios (DOUA).
Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)	Entre otras acciones, provee 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; provee 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; provee 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, y provee 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.
Dirección de Planeamiento (DP)	Propone a la autoridad ministerial las políticas y planes de desarrollo de servicios de infraestructura y de manejo de recursos hídricos de largo y mediano plazo que orienten y establezcan las decisiones de inversión, basándose en un conocimiento e información integrada territorial y sectorial, considerando los lineamientos estratégicos de la autoridad, realizando la gestión presupuestaria y seguimiento de las inversiones, buscando con ello

Institución	Rol
	responder a las necesidades del desarrollo sustentable del país.
Unidad de Gestión Ambiental y Territorial (UGAT)	Presta asesoría técnica a la Secretaría Regional Ministerial de Obras Públicas en materias ambientales, territoriales y de participación ciudadana, relacionadas con la Infraestructura Pública y Recurso Hídrico.
Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)	Se encarga que la población urbana sea abastecida por las empresas de servicios de agua potable y saneamiento de las zonas urbanas del país, reciba dichos servicios con la calidad y continuidad establecido en la normativa, a precio justo y sostenible en el largo plazo; adicionalmente, 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.
Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) – Ministerio de Obras Públicas (MOP)	Coordinar, supervigilar y fiscalizar los servicios regionales dependientes del Ministerio de Obras Públicas en cada región, e informar al ministro sobre el cumplimiento de las disposiciones técnicas, legales reglamentarias, contables y administrativas en su funcionamiento.

Fuente: Elaboración Propia basada en páginas web Direcciones MOP nivel nacional y regional

- *Sector Público Regional*

Desde la mirada regional, además del Gobierno Regional, se han seleccionado una serie de Secretarías Regionales Ministeriales (SEREMIs), servicios e instituciones públicas cuyos ámbitos de acción tienen algún nivel de relevancia para el desarrollo social, cultural y económico de la región, asociado a la gestión hídrica de la Cuenca del Río Los Choros. Al respecto, la Tabla 2-16 describe las principales funciones de los principales actores políticos asociados al sector público regional que se encuentran dentro de la Cuenca del Río Los Choros.

Tabla 2-16 Actor Político: Sector Público Regional

Institución	Rol
Gobierno Regional Región de Coquimbo (GORE COQUIMBO)	Administración superior de la región, se preocupa por el desarrollo económico armónico y equitativo del territorio, planificando y confeccionando proyectos que impulsen el desarrollo económico, social y cultural, tomando en cuenta la preservación y mejoramiento del medio ambiente y la participación de la comunidad.
Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) - Ministerio de Agricultura (MINAGRI)	Poner en marcha de las políticas del MINAGRI en la región, y están mandatados a ejecutar y aplicar las medidas necesarias que permitan impulsar el desarrollo y bienestar de la actividad silvoagropecuaria.
Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) – Ministerio del Medio	Asesorar al Gobierno Regional para la incorporación de los criterios ambientales en la elaboración de los Planes y las Estrategias de Desarrollo Regional, y colaborar con los municipios respectivos en

Institución	Rol
Gobierno Regional Región de Coquimbo (GORE COQUIMBO)	Administración superior de la región, se preocupa por el desarrollo económico armónico y equitativo del territorio, planificando y confeccionando proyectos que impulsen el desarrollo económico, social y cultural, tomando en cuenta la preservación y mejoramiento del medio ambiente y la participación de la comunidad.
Ambiente (MMA)	materia de gestión ambiental.
Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) - Ministerio de Minería (MINMINERIA)	Realizar una inteligente labor de coordinación y de búsqueda de puntos de encuentro entre las políticas nacionales y regionales, de tal manera que éstas constituyan un todo armónico que redunde en beneficios para la actividad en la región.
Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) - Ministerio de Energía (MINERGIA)	Colaborar con las políticas nacionales para el desarrollo de proyectos energéticos solares y eólicos, términos, pequeña minería, todos ellos demandantes de energía.
Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) - Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU)	Colaborador directo de las autoridades locales en lo relativo a vivienda, urbanismo y equipamiento, Integrar las diferentes comisiones en que al Ministerio le corresponda estar representado a nivel de su región, y convocar y presidir las que se deban formar con participación de la Secretaría y del SERVIU, asesorar en la distribución de los fondos provenientes de la recaudación del impuesto habitacional conforme al D.L. N° 1.088, de 1975, entre los Comités Habitacionales Comunales de su región, velar porque el sector preste efectiva colaboración a los programas de viviendas sociales a nivel comunal, asesorando y supervigilando su ejecución, otorgar las autorizaciones y certificados que procedan, y realizar, a través de las unidades de su dependencia, todas las gestiones que le encomiendan las leyes y los reglamentos vigentes, especialmente los que se refieren a contratos de Ejecución de Obras de Edificación y Urbanización.
Comisión Nacional de Riego (CNR)	Dirigir la acción pública regional en materia de riego, mediante la realización de estudios, programas, proyectos e instrumentos de fomento tendientes a asegurar el incremento y mejora de la superficie regada de la región en un marco sustentable, social, económico y ambiental.
Servicio Agrícola Ganadero (SAG)	Encargado de apoyar el desarrollo de la agricultura, los bosques y la ganadería de la región, a través de la protección y mejoramiento de la salud de los animales y vegetales, establece los Controles Fronterizos fito y zoo sanitarios en la región, exportar productos animales o vegetales, el SAG participa en su certificación sanitaria, El SAG también realiza acciones para conservar y mejorar los recursos naturales renovables, que afectan la producción agrícola, ganadera y forestal, preocupándose de controlar la contaminación de las aguas de riego, conservar la flora y fauna silvestre y mejorar el recurso suelo, con el fin de prevenir la erosión y mantener su productividad.

Institución	Rol
Gobierno Regional Región de Coquimbo (GORE COQUIMBO)	Administración superior de la región, se preocupa por el desarrollo económico armónico y equitativo del territorio, planificando y confeccionando proyectos que impulsen el desarrollo económico, social y cultural, tomando en cuenta la preservación y mejoramiento del medio ambiente y la participación de la comunidad.
Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP)	Promueve el desarrollo económico, social y tecnológico de los pequeños productores agrícolas y campesinos de la región, con el fin de contribuir a elevar su capacidad empresarial, organizacional y comercial, su integración al proceso de desarrollo rural y optimizar al mismo tiempo el uso de los recursos productivos.
Corporación Nacional Forestal (CONAF)	Contribuye al desarrollo de la región a través del manejo sostenible de los ecosistemas forestales y de los componentes de la naturaleza asociados a éstos, la que se alcanzará mediante el fomento, el establecimiento, restauración y manejo de los bosques y formaciones xerofíticas; el aumento del arbolado urbano; la mitigación y adaptación de los efectos del cambio climático; la fiscalización de la legislación forestal y ambiental; y la protección de los recursos vegetacionales y la administración de las Áreas Silvestres Protegidas del Estado, para las actuales y futuras generaciones.
Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) - Intihuasi	Orientado a hacer de la producción agropecuaria regional una actividad sustentable, adaptada a las condiciones socioeconómicas de sus productores y agroecológicas de su ambiente.
Instituto Forestal (INFOR) - Sede Diaguítas	Contribuye al desarrollo forestal regional, fomentando el uso sustentable de los ecosistemas forestales para el beneficio de la sociedad, a través de la creación y transferencia de conocimientos, de productos y servicios innovadores de excelencia, y de información forestal relevante y oportuna para la toma de decisiones.
Centro de Informaciones de Recursos Naturales (CIREN)	Proporciona información sobre los recursos naturales y productivos de la región, mediante el uso de tecnologías y aplicaciones geoespaciales, trabaja para asegurar la calidad en la provisión de bienes públicos y en la generación de nuevos productos y servicios de alto valor, que contribuyan a la planificación, toma de decisiones y diseño de políticas de desarrollo productivo y de ordenamiento territorial y provee información actualizada sobre el territorio y sus recursos para mitigar los posibles riesgos a los que se enfrentan, entre los que se encuentran los desastres naturales y el cambio climático.
Superintendencia del Medio Ambiente (SMA)	Ejecuta, organiza y coordina la fiscalización y seguimiento de los instrumentos de gestión ambiental establecidos en la Ley Orgánica de la SMA, gestiona y coordina la ejecución de los programas, subprogramas y acciones de fiscalización relativos al cumplimiento de la normativa ambiental de competencia de la SMA, realiza las actividades de fiscalización y seguimiento de los instrumentos de carácter ambiental que correspondan ante incidentes o

Institución	Rol
Gobierno Regional Región de Coquimbo (GORE COQUIMBO)	Administración superior de la región, se preocupa por el desarrollo económico armónico y equitativo del territorio, planificando y confeccionando proyectos que impulsen el desarrollo económico, social y cultural, tomando en cuenta la preservación y mejoramiento del medio ambiente y la participación de la comunidad.
	contingencias de competencia de la SMA, propone al Superintendente la adopción de medidas provisionales y medidas urgentes y transitorias, cuando corresponda.
Servicio de Evaluación Ambiental (SEA)	Contribuye al desarrollo sustentable de la región, la preservación y conservación de los recursos naturales y la calidad de vida de los habitantes del país, por medio de la gestión del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, asegurando una calificación ambiental transparente, técnica y eficiente en coordinación con los organismos del Estado de nivel regional, fomentando y facilitando la participación ciudadana en los procesos de evaluación, con el propósito de mitigar, compensar y/o reparar los impactos ambientales significativos.
Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN)	Genera, mantiene y divulga información de geología básica y de recursos y peligros geológicos de la región, para el bienestar de la comunidad, y de regular y/o fiscalizar el cumplimiento de normativas mineras en materia de seguridad, propiedad y planes de cierre, para contribuir al desarrollo de la minería regional.

Fuente: Elaboración propia basada en páginas web instituciones públicas nivel nacional y regional

- *Gobiernos Locales*

Desde la mirada local y territorial, la Cuenca del Río Los Choros abarca dos administraciones locales, vale decir dentro de su extensión la cuenca incluye a las Comunas de La Higuera y la Comuna de Vallenar. Ambas orgánicas (Municipalidades) son corporaciones autónomas de derecho público con personalidad jurídica y patrimonio propio, cuya finalidad es satisfacer las necesidades de la comunidad local y asegurar su participación en el progreso económico, social y cultural de las respectivas comunas. Al respecto, la Tabla 2-17 describe las principales funciones de actores políticos asociados a los gobiernos locales que se encuentran dentro de la Cuenca del Río Los Choros.

Tabla 2-17 Actor Político: Gobiernos Locales

Institución	Rol
Ilustre Municipalidad de La Higuera	Elabora, aprobar y modificar el plan comunal de desarrollo cuya aplicación deberá armonizar con los planes regionales y nacionales, planifica y regula la comuna y la confección del plan regulador comunal, de acuerdo con las normas legales vigentes, promociona el desarrollo comunitario, aplica las disposiciones sobre transporte y tránsito públicos, dentro de la comuna, en la forma que determinen las leyes y las normas técnicas de carácter general que dicte el ministerio respectivo, aplica las disposiciones sobre construcción y urbanización, en la forma que determinen las leyes, sujetándose a las normas técnicas de carácter general que dicte el ministerio respectivo, se

	encarga del aseo y ornato de la comuna, ejecutar el plan comunal de desarrollo y los programas necesarios para su cumplimiento, Elabora, aprueba, modifica y ejecuta el presupuesto municipal, entre otras funciones.
Ilustre Municipalidad de Vallenar	Elabora, aprobar y modificar el plan comunal de desarrollo cuya aplicación deberá armonizar con los planes regionales y nacionales, planifica y regula la comuna y la confección del plan regulador comunal, de acuerdo con las normas legales vigentes, promociona el desarrollo comunitario, aplica las disposiciones sobre transporte y tránsito públicos, dentro de la comuna, en la forma que determinen las leyes y las normas técnicas de carácter general que dicte el ministerio respectivo, aplica las disposiciones sobre construcción y urbanización, en la forma que determinen las leyes, sujetándose a las normas técnicas de carácter general que dicte el ministerio respectivo, se encarga del aseo y ornato de la comuna, ejecutar el plan comunal de desarrollo y los programas necesarios para su cumplimiento, Elabora, aprueba, modifica y ejecuta el presupuesto municipal, entre otras funciones.

Fuente: Elaboración propia basada en Ley Nº 18.695 Orgánica Constitucional de Municipalidades

ii. Actores Privados

Se ha definido como “Actores Privados” aquellas entidades de naturaleza jurídica privada, por la cual se generan servicios de naturaleza pública, pero entregado por entes privadas, sin control gubernamental, pero con voluntad de incidencia con respecto de los recursos hídricos de la cuenca. En este caso, se han determinado en la Cuenca del Río Los Choros 3 grupos actores privados según como sigue.

- Usuarios del Agua

Según el Código de Aguas, las Organizaciones de Usuarios de Agua (OUAS) son “aquellas entidades reglamentadas por el Código de Aguas, y que tienen por objeto, administrar las fuentes de aguas y las obras a través de las cuales éstas son extraídas, captadas y/o conducidas”. El mismo Código de Aguas distingue 3 tipos de OUAS: Juntas de Vigilancia, Asociaciones de Canalistas y Comunidades de Aguas.

En rigor, y debido a las condiciones hidrometeorológicas en la Cuenca del río Los Choros y dado que no hay escurrimiento superficial permanente, en la actualidad no se cuenta con ninguna de esta forma de organización conformadas ni estructuradas relativas a aguas superficiales. A la vez, y respecto a la conformación de comunidades relativas a las aguas subterráneas, a la fecha no hay conformación o solicitudes de conformación de estas en la DGA.

Y para efectos operacionales del presente estudio, se han incluido como usuarios del agua a los Comité de Agua Potable Rural (APR) actualmente denominados Sistemas Sanitarios Rurales (SSR).

- *Comités de Agua Potable Rural (APR) o Sistema Sanitarios Rurales (SSR)*

Dentro de la Cuenca del Río Los Choros existen 9 Comités de Agua Potable Rural (APR) o como actualmente se les denomina, Sistema Sanitario Rural (SSR, formalizados y en pleno funcionamiento. Al respecto, la Tabla 2-18 más abajo identifica los nombres de los Comités APR y el sector o localidad donde operan como también a la comuna a la que pertenecen:

Tabla 2-18 Actor Privado: Comités APR o SSR

Institución	Rol
APR – SSR Los Choros (Comuna de La Higuera)	Los Comités de Agua Potable Rural son sistemas que proveen agua potable a localidades rurales, adquiriendo y/o produciendo agua potable, en las condiciones técnicas y sanitarias establecidas en las normas respectivas, hasta su entrega en cada hogar. Los sistemas de agua potable rural (APR) son administrados, mantenidos y operados por la propia comunidad, organizada en comités o cooperativas, quienes reciben asesoría y asistencia de parte del Estado. En la actualidad, la Ley 20.998 de Servicios Sanitarios Rurales regula el agua potable y el saneamiento rural, garantizando con ello la coordinación e implementación de los programas destinados a otorgar infraestructura sanitaria básica a la población rural.
APR – SSR El Trapiche (Comuna de La Higuera)	
APR – SSR Punta Colorada (Comuna de La Higuera)	
APR – SSR La Higuera (Comuna de La Higuera)	
APR – SSR Punta de Choros (Comuna de La Higuera)	
APR – SSR Quebrada Honda (Comuna de La Higuera)	
APR – SSR Chungungo (Comuna de La Higuera)	
APR – SSR Caleta Hornos (Comuna de La Higuera)	
APR – SSR Incahuasi (Comuna de Vallenar)	

Fuente: Elaboración propia basada en la Ley 20.998 de Servicios Sanitarios Rurales

- *Empresas Privadas*

Dentro de la Cuenca del Río Los Choros, existen una importante actividad productiva y empresarial, a través de organizaciones con fines de lucro (empresas privadas) que desarrollan actividades con el objetivo de generar ganancias. Al respecto, se realizó una selección de las principales empresas privadas que en la actualidad tienen proyectos en ejecución, cuya actividad productiva tiene directa relación con la gestión hídrica. La Tabla 2-19 muestra el listado de empresas privadas que fueron definidas como actor privado de relevancia para el PEGH Cuenca del Río Los Choros.

Tabla 2-19 Actor Privado: Empresas Privadas

Institución	Rol
Aguas del Valle	Empresa sanitaria que produce y distribuye agua potable en la Región de Coquimbo, así como recolecta, trata y dispone aguas residuales. Aguas del Valle es una empresa subsidiaria de la Empresa Sanitaria de

Institución	Rol
	Valparaíso, Aconcagua y Litoral (ESVAL).
Santiago Metals	Empresa minera chilena que desarrolla el Proyecto Puquios en la Región de Coquimbo, proyecto de yacimiento de mineral oxidado de cobre, mina a rajo abierto que incluye una planta de procesamiento mediante pila permanente de lixiviación clorurada, extracción de solventes y electro obtención.
ACCIONA	Crea, promueve y gestiona infraestructura, energía, agua y servicios, contribuyendo activamente al bienestar social, al desarrollo sostenible y a la generación de valor para nuestros grupos de interés. En específico en la región, desarrollan proyectos de energía (plantas fotovoltaicas).
PRIME Energía	Empresa generadora de energía de respaldo, enfocada en la estabilidad de la red de distribución a través de centrales de generación térmica y plantas fotovoltaicas, En la región se encuentran construyendo centrales térmicas y solares.
Andes Iron	Empresa minera que desarrolla el Proyecto Dominga, proyecto minero y portuario a la espera de aprobación en la región, que proyecta una planta de tratamiento, dos rajos abiertos, un depósito de estériles y depósito de relaves pesados. La planta estaría conectada con un terminal de embarque a través de tres ductos subterráneos que llevarán agua y hierro.
CAP Minería	Compañía minera de extracción y procesamiento de minerales de hierro con operaciones en la región, cuya operación se realiza en tres actividades: alimentación del mineral desde acopios y cerro principal a Planta de Chancado, beneficio del mineral, y manejo de productos.
ELETRANS	Empresa de transmisión de energía eléctrica, con operaciones y proyectos en ejecución de líneas de transmisión en la región, construye, opera y mantiene instalaciones de transmisión o transporte de energía eléctrica, explota, desarrolla y comercializa sistemas eléctricos.

Fuente: Elaboración propia basada en Páginas web empresas privadas

- *Sector Productivo*

El sector productivo corresponde a gremios o agrupaciones de actores privados por sector productivo y comerciales presentes dentro de la Cuenca del Río Los Choros y cuyas divisiones o ramas que se encargan de extraer materias primas. En la región, y de acuerdo con la Tabla 2-20, se definieron como actores claves del sector productivo las siguientes corporaciones o agrupaciones de empresas productivas con actividad en la cuenca.

Tabla 2-20 Actor Privado: Sector Productivo

Institución	Rol
Corporación Regional de Desarrollo Productivo (CRDP)	Facilitar, vincular y generar confianzas de los distintos actores públicos, privados y sector científico – académico de la región, necesarios para impulsar el desarrollo en los ejes estratégicos definidos para el crecimiento regional como los ejes alimentarios, capital humano, internacionalización, calidad de vida, recursos hídricos, promoción regional.
Corporación Industrial para	Núcleo formado por la industria, la universidad, el comercio, los profesionales y la comunidad, que está comprometido para trabajar

Institución	Rol
el Desarrollo Regional (CIDERE)	permanentemente en lograr el progreso de la Región de Coquimbo enfocado al desarrollo de las personas a través de la educación y la creación de fuentes de empleo, a través de la creación de instancias de participación para que las empresas socias mejoren el desempeño de sus negocios y con ello contribuyan al desarrollo sustentable de la Región.
Cámara Chilena de la Construcción (CchC)	Promueve el desarrollo y fomento de la construcción como palanca fundamental para el desarrollo de la región, apoyando el bienestar de los ciudadanos, especialmente de los trabajadores de la construcción y sus familias, generando políticas públicas, fortaleciendo la organización gremial, promocionando la industria de la construcción y la sostenibilidad empresarial.
Corporación Regional Minera (CORMINCO)	Asociación Gremial sin fines de lucro, que agrupa a las principales mineras de la Región de Coquimbo (Minera Los Pelambres, Minera Vale (Proyecto Tres Valles), Minera Teck Carmen de Andacollo, Minera Dayton, Minera CMP, Minera San Gerónimo, Minera Talcuna y Minera Linderos) y tiene la siguiente finalidad promover el desarrollo e investigaciones en la minería, con enfoque en el respeto al medio ambiente y a las comunidades humanas circundantes, generando así un ambiente favorable hacia el sector minero lo que contribuye al desarrollo económico, ambiental, social y educacional especialmente de la Región de Coquimbo.
Sociedad Agrícola del Norte (SNA)	Asociación gremial cuyo objetivo es generar alianzas estratégicas con entidades de gobierno y académicas para hacer una mejor agricultura, representando los intereses comunes de los agricultores, apoyando la transferencia tecnológica para los productores, proporcionando asistencia técnica a los agricultores a través de la vinculación con instituciones públicas y convenios para el desarrollo, competitividad y sustentabilidad de la agricultura regional.

Fuente: Elaboración propia basada en páginas web corporaciones y asociaciones gremiales.

iii. Actores Organizacionales / Academia

La cuenca del Río Los Choros tiene una importante cantidad de organizaciones sociales formales, vinculadas al desarrollo sustentable del territorio, con clara orientación medioambiental y productiva, convirtiéndose por lo tanto en un territorio altamente organizado. Al mismo tiempo, la Región de Coquimbo cuenta con centros de estudios y universidades de buen nivel que generan investigación y ciencias relacionadas a la gestión del recurso hídrico. Al respecto, y en relación con las organizaciones sociales entendidas como el conjunto de personas reunidas que comparte objetivos comunes, interés propios para obtener metas y beneficios asociados a sus propios fines. Esta definición amplia permitió incluir en la Tabla 2-21 más abajo una importante cantidad de organizaciones sociales con presencia y funcionamiento en la Cuenca del Río Los Choros, todas las cuales participaron de las actividades de participación ciudadana realizadas en el marco del desarrollo del PEGH.

Tabla 2-21 Actor Organizacional: Organizaciones Sociales

Nombre de Organizaciones Sociales	Ubicación u Origen
Agrupación de Productoras Agrícolas Un Nuevo Provenir	La Higuera
Mujeres Emprendedoras La Higuera Emprende	La Higuera
Asociación Comunal	La Higuera
Grupo Productivo El Olivar	Punta Colorada
Asociación Campesino Crianceros y Agricultores	Punta Colorada
Junta de Vecinos	Quebrada Pelicana
Junta de Vecinos N°6	El Trapiche
Agrupación Comunal de Crianceros	Quebrada Pelicana
Junta de Vecinos N°1	Caleta Hornos
Junta de Vecinos N°20	Caleta Hornos
Junta de Vecinos N°18	Chungungo
Sindicato de Trabajadores Independientes de Pescadores	Chungungo
Junta de Vecinos N°22	Los Hornos
Comité Productivo	Los Hornos
Junta de Vecinos	La Higuera
Mesa Agricultores Asociación comunal	La Higuera
Asociación Comunal de Cuidado y Protección del Agua	La Higuera
Asociación de Pequeños Propietarios Agrícolas	Los Choros
Junta de Vecinos N°3	Los Choros
Comité Productivo Vida y Esperanza	Llano de Los Choros
Junta de Vecinos N°21	Llano de los Choros
Organización de Desarrollo y Fomento al Turismo (ODEFOT)	Punta de Choros
Movimiento en Defensa del Medio Ambiente (MODEMA)	Punta de Choros
Junta de Vecinos N°8	Punta de Choros
Agrupación Gremial de Trabajadores del Mar	Punta de Choros
Junta de Vecinos N°15	Incahuasi
Sindicato de Pirquineros Independientes	Incahuasi
Consejo Consultivo Reserva Nacional Pingüino de Humbolt	Punta de Choros
Agrupación de Mujeres Emprendedoras DAPCHA	Los Choros
Comunidad Agrícola Los Choros	Los Choros
Comunidad Indígena Changa Juana Vergara y Familia	Los Choros
Agrupación de Mujeres Emprendedoras EcoFuturo	Los Choros
Asociación Gremial Pescadores	Los Choros
Comité de Crianceros	Punta de Choros
OLIVICOOP	Punta de Choros
Centro de Padres y Apoderados Escuela Los Choros	Los Choros
Jardín Infantil Los Changos	Los Choros
Agrupación Gremial de Trabajadores del Mar	Punta de Choros
Cooperativa Gremio Pescadores	Punta de Choros
Luchando por el Agua	La Higuera

Fuente: Elaboración propia basada en listado de participantes organizaciones sociales.

Finalmente, en la Tabla 2-22, se pueden observar las universidades y/o centros de investigación con presencia en el territorio, y que tienen algún nivel de relación con la gestión hídrica de la cuenca se puede ver en la siguiente.

Tabla 2-22 Actor Universidades: Universidades y/o Centros de Investigación

Institución	Rol
Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA)	Centro Regional de Investigación Científica y Tecnológica, de la Región de Coquimbo que promueve el desarrollo científico y tecnológico, a través de la realización de ciencia avanzada a nivel interdisciplinario en zonas áridas, ciencias biológicas y ciencias de la tierra, con un alto impacto en el territorio y orientado a mejorar la calidad de vida de las personas, promoviendo la participación ciudadana en la ciencia a través de actividades de generación y transferencia del conocimiento.
Centro del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe (CAZALAC)	Centro del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe Coordina acciones científicas y tecnológicas orientadas hacia un manejo sustentable de los recursos hídricos en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas de América Latina y el Caribe.
Laboratorio de Prospección, Monitoreo y Modelación de Recursos Agrícolas y Ambientales (PROMMRA) - Universidad La Serena (ULS)	Es una unidad dependiente del Departamento de Agronomía de la Facultad de Ciencias de la Universidad de La Serena, y su objetivo es contribuir a reducir las brechas tecnológicas en el sector agroalimentario, mediante la detección de necesidades y la generación de conocimiento de la base de recursos agrícolas y naturales, identificando el impacto en los sistemas productivos y sobre el desarrollo.
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo Tecnológico - Universidad Católica del Norte (UCN)	Unidad es la responsable de formular las políticas, procedimientos e incentivos, para el mejor desarrollo de la investigación científico-tecnológica, la transferencia del conocimiento y la tecnología, así como promover e incentivar la propiedad industrial, el emprendimiento, coordinar la asistencia técnica, capacitación y servicios.

Fuente: Elaboración propia basada en páginas web universidades y/ centros de investigación.

2.8.2 Síntesis de reuniones PAC

Se realizaron catorce (14) actividades de participación ciudadanas llamadas “Instancias de Participación”, de las cuales diez (10) correspondieron Reuniones de Presentación en forma remotas o virtuales, dos (2) entrevistas semiestructuradas y dos (2) correspondientes a Talleres Participativos de carácter presencial. El detalle de las 14 “Instancias de Participación” se pueden ver en el Anexo I Informe PAC, sección 7.1 Reuniones de Presentación Remota, 7.2 Entrevistas Semi-Estructuradas y 7.3 Talleres Presenciales.

2.8.2.1 Análisis de Interés, Influencia y Apoyo de Actores

Para establecer el nivel de interés, influencia y apoyo u oposición de los principales actores claves identificados en la Cuenca del río Los Choros, fue aplicada una encuesta on-line, en donde se les solicitaba a los actores claves identificados calificar el nivel de interés, influencia y apoyo u oposición de cada uno los grupos de actores a la

implementación del Plan de Gestión de recursos hídricos de la cuenca del río Los Choros. Detalles de la encuesta y metodología aplicada se encuentra en el Anexo I – Capítulo 6.

La encuesta on-line fue enviada inmediatamente después de la realización de cada una de las 10 reuniones de presentación realizadas, a cada uno de los participantes en dichas instancias de participación. Cabe mencionar que el universo total de participantes en las reuniones de presentaciones fue de 72 personas. La Figura 2-27 muestra que todas las encuestas enviadas a los respectivos correos electrónicos de los participantes, se obtuvieron 12 respuestas en total, obteniendo por lo tanto retroalimentación de un 17% de respuestas de los participantes.



Figura 2-27: Porcentaje de encuestas respondidas

Fuente: Elaboración propia

Las definiciones operativas de los niveles de interés, influencia y apoyo son los siguientes:

Interés: Conocer la ubicación de los actores claves relacionados a sus intereses sobre la cuenca respecto al recurso hídrico.

Tabla 2-23 Escala o rango de Variable Interés

Desconocido	Poco o Ningún Interés	Algún Interés	Interés Moderado	Mucho Interés	El más Interesado
1	2-3	4-5	6-7	8-9	10

Fuente: Elaboración propia basada en "Stakeholder Identification", Banco Mundial (1996)

Influencia: Conocer cómo se identifican a los actores claves y grupos de interés que ejercen presión en la extracción del recurso hídrico, por poseer mayores recursos

(económicos) e influencia sobre la cuenca debido a la posesión de mayores DAA, en relación a una.

Tabla 2-24 Escala o rango de Variable Influencia

Desconocida	Poco o Ninguna Influencia	Alguna Influencia	Influencia Moderada	Mucha Influencia	El más Influyente
1	2-3	4-5	6-7	8-9	10

Fuente: Elaboración propia basada en "Stakeholder Identification", Banco Mundial (1996)

Apoyo u Oposición: Conocer cómo se distribuye a los actores y organizaciones dependiendo si son activos apoyadores, apoyadores, detractores, activos detractores a la implementación del Plan Estratégica de Gestión Hídrica en la cuenca del río Los Choros.

Tabla 2-25 Escala o rango de Variable Apoyo u Oposición

Desconocida	Oposición Activa	Oposición Pasiva	Indeciso	Apoyo Pasivo	Apoyo Activo
1	2-3	4-5	6-7	8-9	10

Fuente: Elaboración propia basada en "Stakeholder Identification", Banco Mundial (1996)

Respecto del interés de los actores claves identificados, en la Tabla 2-26 se puede observar que la gran mayoría de ellos identificaron a los Comité de Agua Potable Rural (APR), o SRR, como los actores claves o grupo de poder con mayor nivel de interés ("*el más interesado*") sobre el recurso hídrico, y en menor medida la Sociedad Civil en general ("*mucho interés*"). Los restantes grupos de actores relevantes o de poder fueron identificados y comparten el mismo nivel de interés ("*interés moderado*") sobre el recurso hídrico en la Cuenca del Río Los Choros.

Tabla 2-26 Nivel de Interés en la cuenca de los actores claves identificados

Actor Social	Interés Promedio	Nivel de Interés
MOP Nivel Central	6	Interés Moderado
MOP Nivel Regional	6	Interés Moderado
Sector Público Regional	6	Interés Moderado
Gobiernos Locales	7	Interés Moderado
Comités APR – SSR	10	El más interesado
Empresas Privadas	5	Algún Interés
Sector Productivo	7	Interés Moderado
Universidades – Centros de Investigación	7	Interés Moderado
Sociedad Civil	8	Mucho Interés

Fuente: Elaboración propia

Respecto del nivel de influencia de los actores claves identificados sobre la cuenca, en la Tabla 2-27 se puede observar que la gran mayoría de los actores son identificados y comparten el mismo nivel de influencia (*"influencia moderada"*) o *presión* que ejercen sobre el territorio, todos ellos desde sus respectivos ámbitos de acción. En menor medida, el Ministerio de Obras Públicas (MOP), las Empresas Privadas y las Universidades y/o Centros de Estudios son calificadas con nivel de influencia inferior (*"alguna influencia"*) al resto de los actores claves identificados.

Tabla 2-27 Nivel de Influencia en la cuenca de los actores claves identificados

Actor Social	Influencia Promedio	Nivel de Influencia
MOP Nivel Central	5	Alguna influencia
MOP Nivel Regional	6	Influencia Moderada
Sector Público Regional	7	Influencia Moderada
Gobiernos Locales	6	Influencia Moderada
Comités APR-SSR	7	Influencia Moderada
Empresas Privadas	5	Alguna influencia
Sector Productivo	7	Influencia Moderada
Universidades – Centros de Investigación	4	Alguna influencia
Sociedad Civil	6	Influencia Moderada

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la Tabla 2-28 muestra que el Ministerio de Obras Públicas (MOP) Nivel Regional es identificado como un actor clave que puede apoyar en mayor medida (*"apoyo pasivo"*) las acciones que el PEGH pudiera diseñar y recomendar, mientras que las empresas privadas fueron calificadas como un actor social que pudiera tener un mayor nivel de oposición (*"oposición pasiva"*) para el desarrollo de las estrategias o portafolio de acciones. El resto de los actores claves o grupo de poder son identificados y comparten el

mismo nivel intermedio de oposición u apoyo ("*indecisos*") que ejercen sobre el territorio, todos ellos desde sus respectivos ámbitos de acción.

Tabla 2-28 Nivel de Apoyo en la cuenca de los actores claves identificados

Actor Social	Apoyo Promedio	Nivel de Oposición o Apoyo
MOP Nivel Central	6	Indeciso
MOP Nivel Regional	8	Apoyo Pasivo
Sector Público Regional	7	Indeciso
Gobiernos Locales	7	Indeciso
Comités APR-SSR	6	Indeciso
Empresas Privadas	4	Oposición Pasiva
Sector Productivo	6	Indeciso
Universidades – Centros de Investigación	6	Indeciso
Sociedad Civil	6	Indeciso

Fuente: Elaboración propia

Para enriquecer el análisis de las informaciones levantadas a través de la encuesta on-line, se realizó una revisión crítica de los datos obtenidos, a través del cruce de las variables aplicadas (Interés, Influencia, Apoyo u Oposición), y con ello poder obtener información relevante que permita tomar más y mejores decisiones para la propuesta de gobernanza del presente estudio. Al respecto, la Tabla 2-29 muestra que son los Comité de Agua Potable Rural (APR´S) o SSR quienes en promedio tienen mayor **Interés e Influencia** sobre el recurso hídrico, seguidos por la Sociedad Civil y el Sector Productivo. Finalmente mencionar que fueron las empresas privadas las que fueron calificadas con el promedio más bajo en la relación de ambas variables.

Tabla 2-29 Promedio entre variables de Interés e Influencia

Actor Social	Promedio entre variables de Interés e Influencia
Comités APR o SSR	8,5
Sociedad Civil	7,0
Sector Productivo	7,0
Servicios Publico Regional	6,5
Gobiernos Locales	6,5
MOP Nivel Regional	6,0
Universidades	5,5
MOP Nivel Central	5,5
Empresas Privadas	5,0

Fuente: Elaboración propia

Al respecto, la Figura 2-28 muestra gráficamente el cruce entre las variables **Interés e Influencia**:

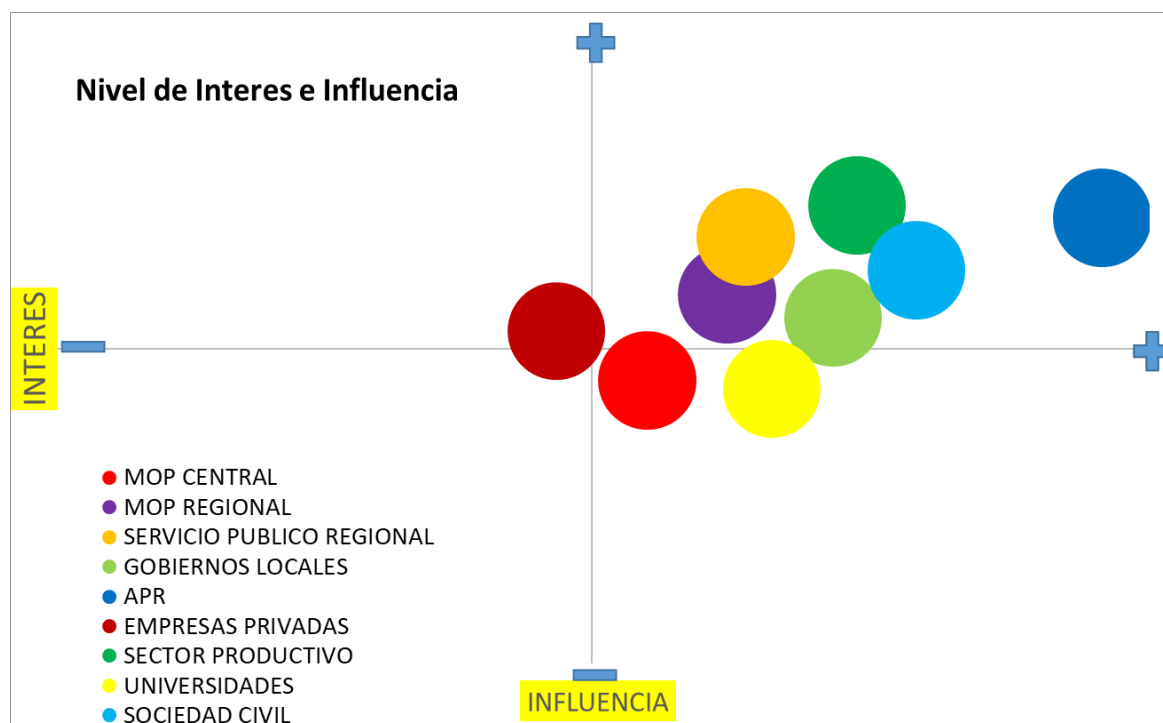


Figura 2-28: Distribución entre variables de Interés e Influencia

Fuente: Elaboración propia

En relación con las variables **Interés y Oposición o Apoyo**, la Tabla 2-30 muestra que son los Comité de APR los actores que cuentan con mayor Interés y Apoyo respecto del recurso hídrico en la cuenca, seguido por la Sociedad Civil, el MOP Nivel Regional y los Gobiernos Locales. Finalmente, nuevamente las empresas privadas los actores que fueron identificados como quienes ejercen mayor nivel de Interés en la cuenca, pero con un nivel intermedio de Oposición a las acciones futuras para la gestión del recurso.

Tabla 2-30 Promedio entre variables de Interés y Oposición o Apoyo

Actor Social	Promedio entre variables de Interés y Oposición o Apoyo
Comités APR – SSR	8,0
MOP Nivel Regional	7,0
Gobiernos Locales	7,0
Sociedad Civil	7,0
Servicio Público Regional	6,5
Sector Productivo	6,5
Universidades	6,5
MOP Nivel Central	6,0
Empresas Privadas	4,5

Fuente: Elaboración propia

Al respecto, la Figura 2-29 muestra gráficamente el cruce entre las **variables Interés y Oposición o Apoyo**.

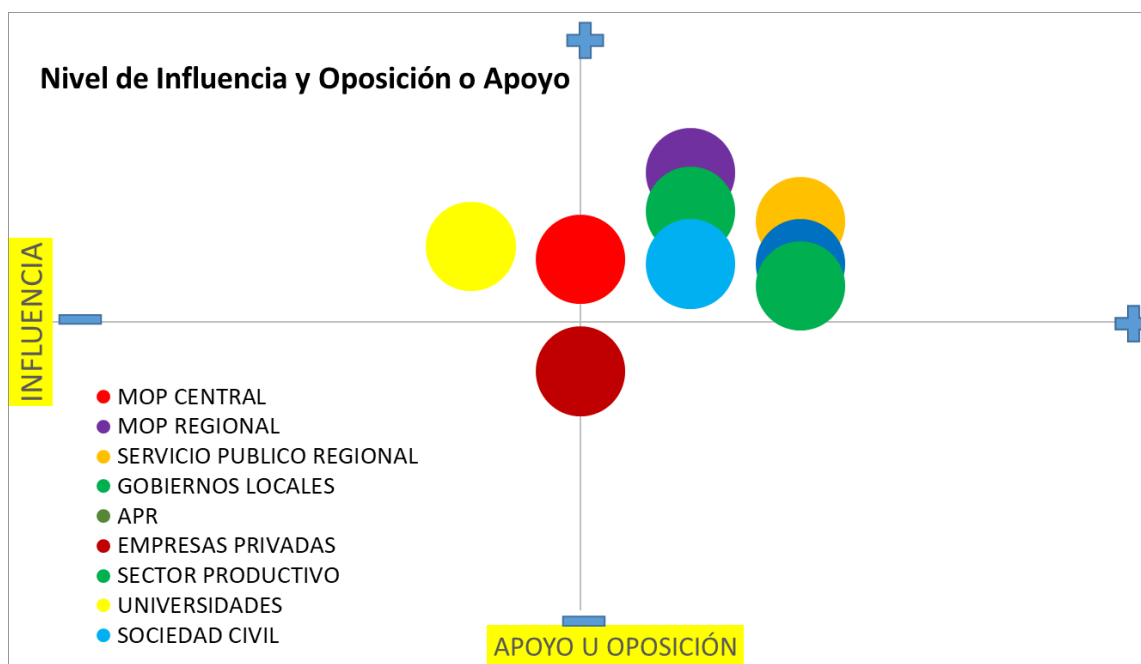


Figura 2-29: Distribución entre variables de Interés y Oposición o Apoyo

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, y en relación con las variables **Influencia y Oposición o Apoyo**, la Tabla 2-31 muestra que son los organismos públicos de nivel local (MOP Nivel Regional y Servicios Públicos Regionales) quienes en promedio tienen mayor Influencia y Apoyo respecto de la gestión del recurso hídrico, seguidos por los Gobiernos Locales, y los usuarios finales del recurso, es decir, Comités APR y Sector Productivo. Finalmente, fueron nuevamente las empresas privadas los actores que fueron identificados como quienes ejercen mayor nivel de influencia en la cuenca, pero con un nivel intermedio de Oposición a las acciones futuras para la gestión del recurso.

Tabla 2-31 Promedio entre variables de Influencia y Oposición o Apoyo

Actor Social	Promedio entre variables de Influencia y Oposición o Apoyo
MOP Nivel Regional	7
Servicio Público Regional	7
Gobiernos Locales	6,5
Comités APR o SSR	6,5
Sector Productivo	6,5
Sociedad Civil	6
MOP Nivel Central	5,5
Universidades	5
Empresas Privadas	4,5

Fuente: Elaboración propia

Al respecto, la Figura 2-30 muestra gráficamente el cruce entre las variables **Influencia y Oposición o Apoyo**.

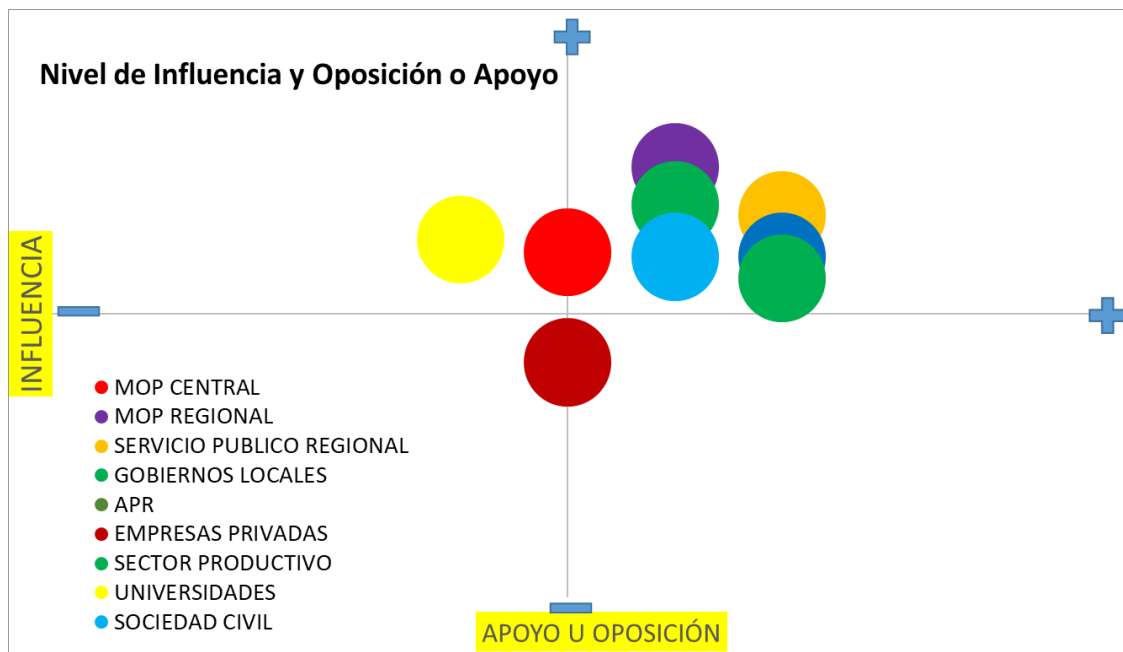


Figura 2-30: Distribución entre variables de Influencia y Oposición o Apoyo

Fuente: Elaboración propia

2.8.3 Brechas de Gobernanza

El principal objetivo de analizar la gobernanza del recurso hídrico existente en la Cuenca del Río Los Choros era identificar las principales brechas o conflictos existentes que requieren la entrega de respuestas o soluciones identificadas, respecto a dos criterios principales: Brechas de Coordinación y Brechas de Información. Al respecto, la Tabla 2-32 Brechas de Gobernanza en la Cuenca del Río Los Choros, muestra un resumen de las brechas identificadas.

Tabla 2-32 Brechas de Gobernanza en la Cuenca del Río Los Choros

Criterio	Brecha
Coordinación	No hay objetivos comunes entre los actores de la cuenca, de esa manera hay algunos que extraen agua sin control y en forma desmedida con fines de lucro (venta de aguas) en desmedro de los usuarios que utilizan el agua con fines de actividades de subsistencia (agricultura y ganadería)
	No hay instancia local que articule necesidades, problemáticas. Existen una serie de requerimientos de ayuda y también denuncias de irregularidades que se llevan a la Municipalidad, DGA Regional, a APRs u otras instituciones, sin obtener resultados favorables en la solución requerida.

	Ausencia de institucionalidad clara en la cuenca de gestión del recurso. Los usuarios desconocen con que autoridad o responsable deben coordinar cuestiones relacionadas con el recurso hídrico de la cuenca. Se han levantado temas con la DOH, CNR, DGA y otras autoridades, obteniendo respuestas difusas o que delegan el problema a otras instituciones
	Nula coordinación entre APR para levantar demandas a autoridades (ayuda mutua, compartir experiencias, mejorar capacidades, coordinaciones con autoridad).
Información	No existe retroalimentación de las informaciones generadas en los estudios realizados. La sociedad civil requiere que se le informe el estado del arte del recurso hídrico en la cuenca, con capacitación y participación en la comprensión de los aspectos fundamentales en la cuenca.
	Ventanillas de gestión de trámites, no hay continuidad de gestiones, exceso de burocracia. Se requiere una gobernanza clara y única que sea responsable de los temas del recurso hídrico de la cuenca.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3 DEMANDA FISICA Y LEGAL PARA LOS DIFERENTES USOS

En el presente capítulo se cuantifica la demanda de agua por los diferentes sectores productivos y otros usos del recurso, tanto actual como su proyección futura, para uso humano, necesidades mínimas ambientales, demandas agrícola, minera, industrial u otras.

3.1 USO HUMANO

3.1.1 Demografía

Para entender la demanda de agua -histórica, actual y proyectada- para consumo humano, se deben indicar en primer lugar los aspectos demográficos del lugar de estudio. En este sentido, se reconoce del cruce de la delimitación de la cuenca de Los Choros y la división administrativa del país, que la cuenca está situada (casi en su totalidad) en la comuna de La Higuera, provincia de Elqui, mientras que una parte de ésta se sitúa en la III región de Atacama, en la comuna de Vallenar, en donde se ubica la localidad de Incahuasi.

De esta forma, se obtiene la información del "Censo Poblacional y Vivienda" del año 2017 (INE, 2017) para la comuna de La Higuera (Tabla 3-1), la cual presenta una población de 4.241 habitantes, distribuidos en un 30% en zonas urbanas (1.293 habitantes) y en un 70% en zonas rurales (2.948 habitantes). Además, se agrega una estimación de los habitantes de Incahuasi, la que según censos anteriores a 2017 indicaba una población de 200 personas aproximadamente.

Tabla 3-1: Población residente y densidad en cuenca de Los Choros

Cuenca	Comuna	Población (n° habitantes)			Densidad de población (n° hab/km ²)
		Total	Urbana	Rural	
Los Choros	La Higuera	4.241	1.293	2.948	1,07
	Vallenar	~200	0	~200	

Fuente: Elaboración propia basada en INE (2018)

En cuanto a la evolución y proyección del crecimiento poblacional en la comuna de La Higuera, realizada por el INE (2018), se indica un crecimiento poblacional de 3.813 a 4.241 habitantes entre los años 2002 y 2017 (Figura 3-1), correspondientes a una tasa de crecimiento demográfico (TCD) de 0,84%. Al observar el crecimiento proyectado, se puede ver una tendencia al aumento hasta el año 2020, en donde se alcanza una tasa máxima de 0,86%. Posterior a dicho año, se ve una tendencia sostenida a la baja, con una tasa de descenso anual de un 0,02%. Con esto, la proyección al año 2035 (límite de análisis para INE) sugiere una población de 4.623 habitantes (aproximadamente 400 más que en el último censo), con una TCD de 0,6%. Al proyectar la tasa de descenso, se presenta la posibilidad de alcanzar una TCD de 0,3% al año 2050, lo cual implicaría un leve descenso de población respecto de 2035, alcanzando 4.404 habitantes para 2050.

Si bien existen incertidumbres al proyectar la tasa de descenso, como también al considerar la misma tasa para la comuna de Vallenar, estas se traducen en variaciones de habitantes que, bajo un supuesto de dotación de 120 l/hab/d inciden en diferencias de demanda menores a 1 l/s, lo que se considera despreciable para los órdenes de magnitud generales de demanda de agua potable.

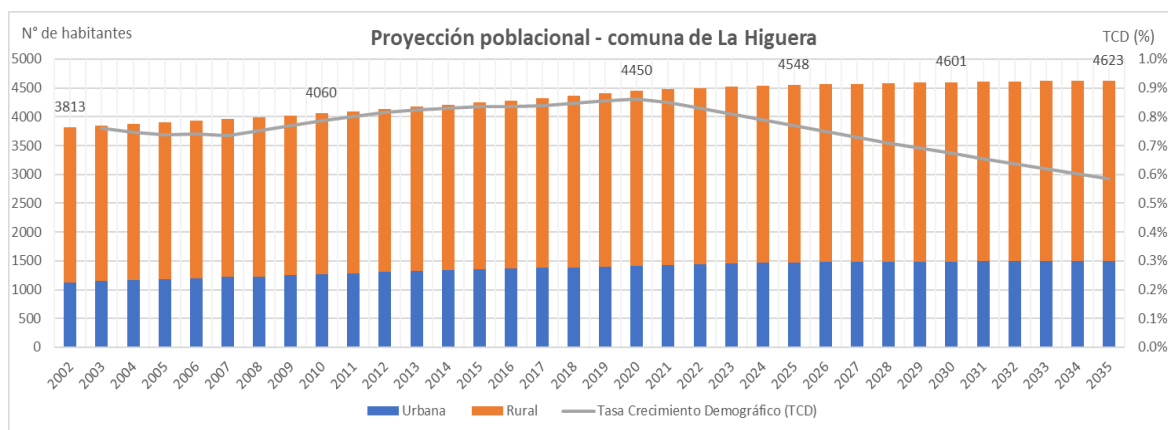


Figura 3-1. Población histórica y proyectada para la cuenca de Los Choros, periodo 2002-2017 (histórico), 2018-2035 (proyectado)

Fuente: Elaboración propia basada en INE (2018)

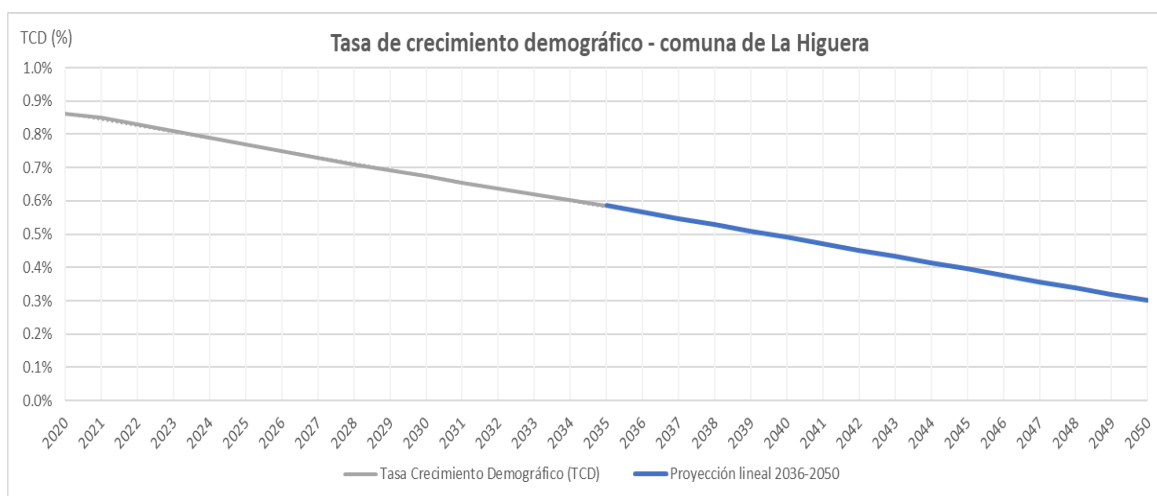


Figura 3-2. Tasa de crecimiento demográfico proyectada para la cuenca de Los Choros, periodo 2020-2050

Fuente: Elaboración propia basada en INE (2018)

3.1.2 Demanda actual de agua potable rural

Las empresas sanitarias que abastecen de agua potable urbana a la región de Coquimbo corresponden a AGUAS DEL VALLE, AGUAS LA SERENA, ESETO S.A. y ESSSI. Particularmente, solo 14 de las 33 subcuencas de la región son abastecidas mediante estas empresas. La cuenca de Los Choros se encuentra dentro de las que no demandan agua potable urbana (DGA, 2017).

En consecuencia, la cuenca es suministrada de agua potable mediante sistemas de agua potable rural (APR), los cuales se detallan en la Tabla 3-2 según su distribución político-administrativa y el SHAC en el cual se ubican.

Tabla 3-2: Sistemas APR existentes en la cuenca de Los Choros

Cuenca	Comuna	APR	SHAC
Los Choros	La Higuera	Trapiche	Los Choros Altos
		La Higuera	
		Los Choros	Los Choros Bajos
		Punta Colorada	Punta Colorada
	Vallenar	Incahuasi	

Fuente: Elaboración propia y DGA-DOH (2020)

3.1.2.1 Eficiencia del uso

La eficiencia de uso del agua potable rural se puede cuantificar en función a los volúmenes producidos y distribuidos o facturados por los consumidores. Estas diferencias, correspondientes a las pérdidas en la distribución de la red, fueron estimadas en el estudio DGA-DOH (2020) y sus valores se resumen en la Tabla 3-3.

Tabla 3-3: Pérdidas en APR existentes en la cuenca de Los Choros

APR	Pérdidas (%)
Trapiche	22,4
La Higuera	30,0
Los Choros	31,8
Punta Colorada	18,8
Incahuasi	19,9
Promedio	24,6

Fuente: DGA-DOH (2020)

3.1.2.2 Demanda actual

El estudio de DGA-DOH (2020) indica una demanda total neta de 352.313 m³/año (11,2 l/s) para el 2020, utilizando como fuente de información la base de datos de DOH, y la información de los censos 2002 y 2017 (INE). Lo anterior incluye las pérdidas de cada sistema APR.

El detalle de la información, desglosado por sistema APR se expone en la Tabla 3-4, en la que puede concluirse también una dotación neta⁷ entre 141 a 156 m³/hab/año.

⁷ Considera pérdidas detalladas en la Tabla 3-3.

Tabla 3-4: Demanda actual de APR existentes en la cuenca rio Los Choros

APR	Demanda 2020		Hab	m ³ /hab/año
	m ³ /año	l/s		
Incahuasi	21.162	0,7	149	142
La Higuera	203.310	6,4	1.320	154
Los Choros	36.796	1,2	236	156
Punta Colorada	47.245	1,5	336	141
Trapiche	43.800	1,4	302	145
Total	352.313	11,2	2.343	150

Fuente: Elaboración propia y DGA-DOH (2020)

Por otro lado, se reconoce la demanda de agua potable rural asociada a los SHAC no abarcados por los sistemas mencionados: Tres Cruces y Playa Los Choros. Para ello, se considera una dotación neta promedio de 150 m³/hab/año, siguiendo lo expuesto en la Tabla 3-4 en términos promedio, por ende, ya considera las pérdidas de conducción en los sistemas. También se tiene en cuenta el factor de 1,5 que corresponde al criterio DOH asociado al caudal máximo de extracción (DGA-DOH, 2020). Finalmente, se asume una población de 154 y 600 habitantes para los SHAC Tres Cruces y Playa Los Choros, respectivamente (INE, 2017).

Con lo anterior, la demanda total actual asociada a agua potable rural asciende a 15 l/s para la cuenca completa.

3.1.3 Demanda histórica de agua potable rural

Para estimar la demanda histórica, se asume un crecimiento demográfico similar al del periodo 2002-2020, proyectado hacia atrás en el tiempo, hasta 1990. Manteniendo la dotación y las pérdidas de la condición actual, se obtiene una demanda en el tiempo resumida en la Tabla 3-5. Se agregan los sitios Tres Cruces y Punta de Choros (en cursiva) para entender el contexto general de demandas.

Se estima una demanda de 321.370 m³/año para el año 1990 (10,2 l/s), lo cual indica un aumento de casi 5 l/s en los últimos 30 años (1,5 veces el valor inicial). La demanda promedio para el periodo histórico 1990-2020 es de aprox. 394.459 m³/año (12,5 l/s).

Tabla 3-5: Demanda histórica estimada en sistemas APR existentes en la cuenca de Los Choros

APR	Población abastecida (hab)				Demanda (m ³ /año)			
	1990	2000	2010	2020	1990	2000	2010	2020
Trapiche	218	243	271	302	31.617	35.243	39.304	43.800
La Higuera	896	1.019	1.160	1.320	138.004	156.949	178.666	203.310
Los Choros	171	190	212	236	26.662	29.624	33.054	36.796
Punta Colorada	191	231	278	336	26.856	32.481	39.090	47.245
Incahuasi	108	120	134	149	15.339	17.044	19.032	21.162
Tres Cruces	104	121	137	154	15.347	17.776	20.205	22.671
Punta de Choros	415	477	539	600	67.544	77.635	87.726	97.654
Total	2.103	2.401	2.731	3.097	321.370	366.752	417.077	472.638

Fuente: Elaboración propia en base a DGA-DOH (2020)

3.1.4 Demanda proyectada de agua potable rural

Los valores de población y demanda hídrica proyectados para 2030 y 2040, se resumen en la Tabla 3-6. De esta forma, la demanda proyectada aumenta de 15 a 17,1 l/s para 2030, y a 19,2 l/s para 2040.

Además, se considera una proyección hasta 2050 (estudio DGA-DOH proyecta hasta 2040). Para ello se utiliza el crecimiento demográfico del periodo 2030-2040, manteniendo dotación y pérdidas de la situación actual. Con ello, se calcula una demanda de 21,4 l/s para 2050 (674.874 m³/año, 1,43 veces la demanda actual). De esta forma, la demanda promedio para el periodo futuro 2021-2050 es de 573.247 m³/año (18,2 l/s).

Tabla 3-6: Demanda futura estimada en sistemas APR existentes en la cuenca de Los Choros

APR	Población abastecida (hab)				Demanda (m ³ /año)			
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Trapiche	302	337	372	407	43.800	48.866	53.979	59.028
La Higuera	1.320	1.503	1691	1.879	203.310	231.473	260.447	289.409
Los Choros	236	263	290	317	36.796	41.053	45.347	49.426
Punta Colorada	336	407	485	563	47.245	57.307	68.303	79.163
Incahuasi	149	166	184	202	21.162	23.610	26.080	28.690
Tres Cruces	154	187	222	258	22.671	27.462	32.725	37.988
Punta de Choros	600	669	737	806	97.654	108.826	119.999	131.171
Total	3.097	3.531	3.982	4.432	472.638	538.597	606.879	674.874

Fuente: Elaboración propia en base a DGA-DOH (2020)

3.2 NECESIDADES MÍNIMAS AMBIENTALES

Para identificar demandas ambientales en la cuenca de Los Choros, se realiza una búsqueda de información en el Registro Nacional de Áreas Protegidas (RNAP) del

Ministerio del Medio Ambiente (MMA, 2021). Como se menciona en el acápite 2.6.4., las áreas identificadas no representan una demanda ambiental de la zona de estudio.

Por otro lado, dado que se reconocen solo escurrimientos eventuales (en eventos de precipitación exclusivamente), no existen caudales ecológicos en la cuenca.

En el apartado 2.6.2., se reconoce la existencia de humedales con relevancia ambiental, según indica el Inventario Nacional de Humedales (MMA, 2021). Estos humedales se alimentan principalmente del recurso subterráneo, asociado al caudal proveniente del acuífero aguas arriba y a la intrusión salina, para el caso del humedal en desembocadura. En casos eventuales pueden ser abastecidos por escorrentías, asociadas a eventos extremos.

Durante el desarrollo del presente documento, y mediante publicación en el diario oficial el día 17 de noviembre de 2021, se declara mediante decreto supremo al humedal La Boca como santuario de la naturaleza, todo esto dentro del marco del plan nacional de protección de humedales antes mencionado.

La determinación de una demanda ambiental - evapotranspirativa- del humedal La Boca, viene dado por un supuesto de evaporación, la cual según imágenes satelitales corresponde a un polígono de aproximadamente 11,5 ha, compuesto por 2 ha de superficie libre y 9,5 ha de vegetación asociada. Con un coeficiente de cultivo igual a 1, y la evapotranspiración de referencia obtenida de los registros de la estación Punta Colorada, se determina un caudal de demanda de 4,3 l/s.

Además, se reconoce una demanda evapotranspirativa de la vegetación en el cauce. Lo anterior ocurre usualmente en los sectores donde el nivel de agua subterráneo se encuentra cercano a la superficie. Una estimación similar a la realizada con el humedal, basada en la identificación -mediante imágenes satelitales- de polígonos con vegetación perenne sugiere un área aproximada de 7,5 ha en el sector sobre la confluencia de la quebrada La Higuera con el río Los Choros (Figura 3-3), lo cual bajo el mismo supuesto del caso del humedal implica en una demanda vegetal de 2,6 l/s. Junto con la demanda del sector del humedal La Boca, se obtiene una demanda ambiental total de 6,9 l/s.

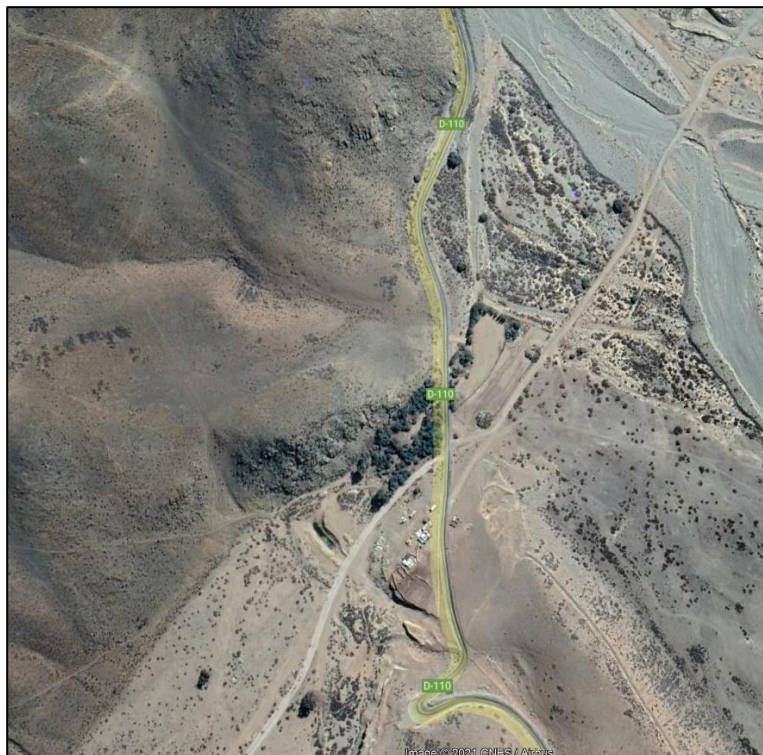


Figura 3-3. Zona con vegetación en la confluencia de la quebrada La Higuera (o Choros Altos) y el río Los Choros, al costado de la ruta D-110

Fuente: Google Earth, Landsat/Copernicus. Fecha: 27 de abril de 2021

3.3 DEMANDA AGRÍCOLA

3.3.1 Demanda actual

La cuenca de Los Choros y, en consecuencia, la comuna de La Higuera presenta una no despreciable cantidad de hectáreas regadas -aunque menores que las demás comunas de la provincia de Elqui-. El desglose de superficie regada por tipo de cultivo se expone en la Tabla 3-7, en donde se puede ver que el olivo corresponde a la siembra predominante, representando el 90% del total de superficie agrícola.

Tabla 3-7: Hectáreas regadas por tipo de cultivo en la comuna de La Higuera, según CIREN (2018)

Especie	Superficie (ha)
Olivo	66,8
Limonero	4,5
Almendro	0,9
Lima	0,8
Naranja	0,8
Duraznero consumo fresco	0,5
Mandarino	0,2
Duraznero tipo conservero	0,1
Chirimoyo	<0,1
Total	74,6

Fuente: Adaptado de CIREN (2018)

Sin desmedro de lo anterior, se decide realizar un análisis según imágenes satelitales para determinar la distribución de superficies regadas actualmente en la cuenca, por SHAC (más detalle en acápite 3.3.2.4 del Anexo F). El resultado de este proceso se expone en la Tabla 3-8. Se puede ver que esta estimación entrega valores más altos de superficie regada, destacando el sector de Choros Bajos, con 100 hectáreas, donde predomina el riego de olivos, acorde con lo presentado en la Tabla 3-9 y según se pudo constatar en la visita a terreno realizada. En el sector de la playa no se identifican zonas de riego.

La Tabla 3-8 indica, en resumen, una demanda actual de 144 l/s aproximadamente, de los cuales 116 l/s se deben al riego de olivos en el sector de Choros Bajos. También destaca un sector de riego ubicado en el SHAC Tres Cruces, de riego de parronales según se pudo catastrar en terreno, con una superficie regada de 59 hectáreas y una demanda estimada de 18 l/s.

Tabla 3-8: Demanda agrícola actual, por SHAC para la cuenca del río Los Choros

SHAC	Demanda 2020		
	Sup. (ha)	l/s	m ³ /año
Tres Cruces	59,0	17,5	552.737
Punta Colorada	16,3	7,6	239.067
Choros Altos	6,2	2,9	90.933
Choros Bajos	100,0	116,3	3.666.667
Total	182	144	4.549.404

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Demanda proyectada

La estimación de demandas agrícolas futuras realizada por DGA (2017) se lleva a cabo a partir de los datos de superficie agrícola por grupo de cultivo de los años 1976, 1997, 2007 y 2015 a escala de distrito censal. De esta información, se infiere un crecimiento de 16,2% por década para las superficies regadas, la cual se proyecta hasta el año 2050.

Con lo anterior, se estima un aumento en superficie regada de 182 ha (actual) hasta 285 ha para el año 2050. Se proyectan mayores demandas de riego para el periodo 2030 a 2050 respecto a la actual (144 l/s), variando entre 168 l/s (2030) y 226 l/s (2050) para toda el área de estudio. Mayor detalle de la metodología para proyectar demanda de riego puede encontrarse en el acápite 3.3.2.4 del Anexo F.

Tabla 3-9: Proyección de demanda agrícola para la cuenca de Los Choros según DGA (2017)

SHAC	Áreas regadas (ha)				Demanda (m ³ /año)			
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Tres Cruces	59	69	80	93	552.737	642.280	746.330	867.235
Punta Colorada	16	19	22	26	239.067	277.795	322.798	375.092
Choros Altos	6	7	8	10	90.933	105.665	122.782	142.673
Choros Bajos	100	116	135	157	3.666.667	4.260.667	4.950.895	5.752.940
Playa Los Choros	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	182	211	245	285	4.549.404	5.286.407	6.142.805	7.137.939

Fuente: Elaboración propia basado en DGA (2017)

3.4 DEMANDA INDUSTRIAL Y MINERA

El detalle de la metodología para la determinación de la demanda actual y futura de los sectores minero e industrial se presentan en los acápites 3.3.2.6 y 3.3.2.7 del Anexo H. A continuación, se describen las demandas estimadas en cada caso.

3.4.1 Demanda actual

Respecto a la actividad industrial o minera, el estudio de DGA (2017) no reporta demanda hídrica actual en ninguno de los dos ejes productivos. Lo anterior es consultado en el catastro de relaves (SERNAGEOMIN, 2020) para la verificación de demanda minera. En

dicho documento -en formato Excel- se pueden encontrar 45 faenas mineras, de las cuales solo 2 se califican como activas para el año 2020, mientras que 27 de ellas se encuentran inactivas, y las restantes 16 se indican como abandonadas. Las instalaciones se resumen en la Tabla 3-10.

De las faenas señaladas, se reconoce una fuente de demanda para la planta Tesoro, la cual según análisis de imágenes satelitales efectivamente muestra actividad en los últimos 5 años, con uso de agua identificable en piscinas existentes en la operación. En este caso, dada la falta de otras maneras para la estimación de demanda, se procede a asumir el uso completo del derecho de esta instalación. Este derecho corresponde a un total de 24 l/s, de los cuales 22 l/s se otorgaron en el año 2002, y los restantes 2 l/s el año 2011.

En cuanto a la faena Nicolas Yaber, se realiza de manera similar una estimación de caudal demandado. También se reconoce que existen faenas indicas como inactivas pero que, en las visitas a terreno han mostrado actividad evidente, como las faenas Sor Teresa, y la planta Profesor Aldo Lettura. En este sentido, se determina una demanda de aproximadamente 10,5 l/s. En consecuencia, se estima una demanda total minera de 34,5 l/s (1.087.992 m³/año).

Las demás instalaciones no presentan usos de agua asociables a derechos cercanos, por lo que no se les asigna una demanda de agua. Además, existen faenas que desde el 2011 a la fecha se han reportado como abandonadas como se pudo constatar en las visitas a terreno, particularmente el caso de la mina El Tofo. Lo anterior se verifica con análisis de imágenes satelitales en el periodo, las que muestran un abandono del sitio.

Tabla 3-10: Instalaciones mineras activas, inactivas y abandonadas en el sector de estudio

Nombre faena	Tipo instalación	Recurso	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Estado instalación
Faena Tesoro	Tranque de relave	Cobre	6.750.106	299.519	Activo
Nicolas Yaber	Embalse	Cobre	6.753.279	291.760	Activo
Faena Tesoro	Embalse	Cobre	6.750.661	299.635	Activo
Planta Don Moises	Tranque de relave	Oro-Cobre	6.748.947	298.059	Inactivo
Planta Elena	Tranque de relave	Oro	6.750.135	294.261	Inactivo
Planta Elena	Tranque de relave	Oro	6.750.177	294.185	Inactivo
Don Aldo	Tranque de relave	Oro	6.749.038	296.082	Inactivo
Planta Santa Rosa	Tranque de relave	Oro	6.750.658	293.366	Inactivo
Planta Blanquita	Tranque de relave	Cobre-Oro	6.733.334	285.050	Inactivo
Planta La Higuera (Ex Los Molles)	Tranque de relave	Cobre-Oro	6.732.656	283.846	Inactivo
Faena Sor Teresa	Tranque de relave	Cobre-Oro	6.750.294	294.094	Inactivo
Aldo Lettura	Tranque de relave	Cobre-Oro	6.752.167	291.204	Inactivo
Planta Don Moises	Tranque de relave	Oro-Cobre	6.748.883	298.072	Inactivo
Planta La Pajita	Tranque de relave	Oro	6.732.554	285.214	Inactivo

Nombre faena	Tipo instalación	Recurso	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Estado instalación
Planta San Alejandro (Ex Trapiche)	Tranque de relave	Cobre-Oro	6.750.471	293.842	Inactivo
Planta Elena	Tranque de relave	Oro	6.750.160	294.227	Inactivo
Faena Dos Espinos	Embalse	Oro	6.741.492	326.504	Inactivo
Faena Tesoro	Tranque de relave	Cobre	6.750.164	299.489	Inactivo
Planta Don Moises	Tranque de relave	Oro-Cobre	6.748.912	298.009	Inactivo
Aldo Lettura	Embalse	Cobre	6.752.155	291.475	Inactivo
Planta La Higuera (Ex Los Molles)	Tranque de relave	Cobre-Oro	6.732.449	283.944	Inactivo
Planta La Higuera (Ex Los Molles)	Tranque de relave	Cobre-Oro	6.732.512	283.871	Inactivo
Planta La Higuera (Ex Los Molles)	Tranque de relave	Cobre-Oro	6.732.440	283.865	Inactivo
Planta La Higuera (Ex Los Molles)	Tranque de relave	Cobre-Oro	6.732.426	283.817	Inactivo
Planta El Trapiche	Tranque de relave	Cobre-Oro	6.750.783	293.288	Inactivo
Planta El Trapiche	Tranque de relave	Cobre-Oro	6.750.749	293.225	Inactivo
Faena Sor Teresa	Tranque de relave	Cobre-Oro	6.750.366	293.971	Inactivo
Aldo Lettura	Embalse	Cobre	6.752.100	291.288	Inactivo
Planta Santa Rosa	Embalse	Cobre-Oro	6.750.730	293.401	Inactivo
Planta Santa Rosa	Embalse	Cobre-Oro	6.750.742	293.423	Inactivo
Planta San Ramon	Tranque de relave	Oro	6.751.220	292.799	Abandonado
Trapiche Agua Grande	Tranque de relave	Oro	6.735.441	299.681	Abandonado
Planta Punta Colorada	Tranque de relave	Oro	6.750.912	304.138	Abandonado
Planta Las Breas	Tranque de relave	Cobre-Oro	6.739.167	340.698	Abandonado
Planta Plantile	Tranque de relave	Oro	6.733.768	286.778	Abandonado
Planta Chingoles	Embalse	Cobre	6.740.799	330.079	Abandonado
Faena Enriqueta	Tranque de relave	Cobre	6.749.710	294.762	Abandonado
Faena Enriqueta	Tranque de relave	Cobre-Oro	6.749.896	294.613	Abandonado
Planta Rivera	Tranque de relave	s/i	6.749.678	294.710	Abandonado
Planta San Ramon	Tranque de relave	Oro	6.751.191	292.839	Abandonado
Planta Algarrobal	Tranque de relave	Oro	6.750.835	293.320	Abandonado
Planta Agua Grande	Tranque de relave	Oro	6.734.978	299.992	Abandonado
Desconocido	Tranque de relave	Cobre	6.749.812	294.517	Abandonado
Desconocido	Tranque de relave	Cobre	6.736.943	298.881	Abandonado
Planta Chingoles	Embalse	Cobre	6.740.808	330.182	Abandonado

Fuente: Elaboración propia basado en SERNAGEOMIN (2020).

3.4.2 Demanda proyectada

De las instancias de participación ciudadana, se tomó conocimiento de un proyecto minero denominado "Mina Puquios", propiedad de Cuprum Resources. Este proyecto -que cuenta con una RCA aprobada con pertinencias el año 2011- se emplazará en el sector de Punta Colorada y Tres Cruces, y su producto principal corresponderá a cátodos de cobre.

Se prevé el inicio de operaciones para septiembre de 2022, con 3 años de obras tempranas. Luego de ello se proyectan 13 a 15 años de operación (hasta 2035-2037 aproximadamente). En este periodo, la planta de lixiviación requerirá de unos 15 l/s para funcionar (según estimaciones de la empresa). En consecuencia, para la demanda proyectada se suman a los 34,5 l/s actuales mencionados estos 15 l/s, hasta 2040 (a modo de simplificación), cuya suma implica una demanda de 49,5 l/s (1.561.032 m³/año), para luego volver a 34,5 l/s para 2050.

Finalmente, es relevante señalar que la empresa tiene derechos de aprovechamiento en el sector de Punta Colorada, por 65 l/s divididos en cuatro pozos. El transporte de esta agua hacia el sector del depósito (36 km hacia arriba por la ruta D-115) se proyecta mediante camiones aljibe.

3.5 OTRAS DEMANDAS

La única demanda existente, fuera del agua potable y agrícola, corresponde a la demanda pecuaria (DGA, 2017). Para la determinación de esta, se considera un consumo unitario por animal o cabeza de ganado (l/animal/día). En esta línea, se ha utilizado lo establecido en diversos decretos y resoluciones, asociados a una amplia gama productiva: pollos, pavos, porcinos, ovinos, bovinos (leche), etc.

Para estimar la cantidad de animales por clase, se utiliza información asociada a censos agropecuarios (por ej. el del año 2007, INE) así como encuestas de ganado bovino, ovino y caprino (INE, 2015). De esta forma se obtiene la demanda base o "actual".

La demanda futura, de manera similar al caso de demanda agrícola, se confecciona utilizando la información histórica de cabezas de ganado (1997, 2007 y 2015) a escala de -distrito censal, procesándola bajo la función "TENDENCIA" de Excel, y proyectando anualmente hasta el año 2040. Al mismo tiempo, se mantienen los consumos unitarios.

El resumen de las demandas tanto actual (con base en el año 2015) y futuras (2030, 2040, 2050) se muestra en la Tabla 3-11, en donde se tiene una demanda proyectada a un aumento de 1 l/s en los próximos 20 años.

Tabla 3-11: Proyección de demanda pecuaria para la cuenca de Los Choros según DGA (2017)

Año	m3/año	l/s
Actual (base 2015)	37.000	1,2
2030	58.000	1,8
2040	70.000	2,2
2050	85.000	2,7

Fuente: DGA (2017)

3.6 RESUMEN DE DEMANDAS

En la Tabla 3-12 se muestra un resumen de las demandas por sector, según se detallaron en apartados anteriores. Se aprecia un aumento de la demanda global de un 144% respecto a la condición actual, creciendo de 201 l/s (condición actual) a 289 l/s, para el año 2050. Este valor se encuentra directamente relacionado con el aumento de la demanda del sector agrícola.

Tabla 3-12: Resumen de demandas en la cuenca de Los Choros

Sector	Año 2020		Año 2030		Año 2040		Año 2050¹	
	(m3/año)	(l/s)	(m3/año)	(l/s)	(m3/año)	(l/s)	(m3/año)	(l/s)
APR	472.638	15,0	538.471	17,0	606.673	19,0	674.874	21,0
Agrícola	4.549.404	144,0	5.286.407	168,0	6.142.805	195,0	7.137.939	226,0
Minería	1.087.992	34,5	1.561.032	49,5	1.087.992	34,5	1.087.992	34,5
Ambiental	216.772	7,0	216.772	7,0	216.772	7,0	216.772	7,0
Total	6.326.806	201,0	7.602.682	242,0	8.054.242	256,0	9.117.577	289,0

Fuente: Elaboración propia basada en DGA (2017), DGA-DOH (2020) y catastro de depósitos de relaves (SERNAGEOMIN, 2020).

¹ proyección 2050 no se tiene para estudio DGA-DOH (2020). Se extrapolan valores entre 2040 y 2050

CAPÍTULO 4 OFERTA HÍDRICA

En el presente capítulo se estima la oferta hídrica de la cuenca, que permite abastecer las demandas estimadas en el capítulo anterior. En el caso de la cuenca del río Los Choros -y como se mencionó en la caracterización de la cuenca-, la oferta hídrica viene dada por la fuente subterránea. La caracterización de esta fuente es relevante como un primer paso antes de la modelación conceptual y numérica a realizar, cuyo objetivo es evaluar iniciativas futuras para la gestión del recurso, en el marco del Plan Estratégico.

Sin desmedro de lo anterior, se describe también la componente superficial, en términos de sus características de drenaje y división administrativa.

Además, se detalla el análisis de las restricciones históricas y actuales sobre el uso de las aguas, de forma de establecer un diagnóstico realista de los recursos hídricos disponibles.

4.1 AGUA SUPERFICIAL

4.1.1 Fuentes superficiales

4.1.1.1 Identificación de fuentes

El detalle asociado a las fuentes superficiales (red de drenaje) puede encontrarse en la sección 2.3.4 del presente informe.

4.1.1.2 División administrativa

El detalle asociado a la división administrativa de la cuenca del río Los Choros puede encontrarse en la sección 2.2 del presente informe.

4.1.1.3 Restricciones de uso sobre fuentes superficiales

Con la finalidad de tener una visión amplia de los problemas de escasez que han ido apareciendo temporalmente, en el presente acápite se hace referencia a las restricciones al uso de agua superficial en la cuenca, en sus diferentes figuras de protección de las aguas superficiales. En el acápite 3.3.1.2. del Anexo F se presenta la definición de cada restricción considerada.

En primer lugar, se debe mencionar que no existen restricciones de uso sobre fuentes superficiales en la cuenca del río Los Choros asociadas a declaraciones de agotamiento, zonas de conservación o decretos de reserva. Sin embargo, en el marco de la región de Coquimbo, gran parte de la cuenca está sujeta a los decretos de escasez hídrica impuestos, los cuales han estado vigentes -considerando sus renovaciones con pequeñas ventanas temporales sin decreto (un mes máximo)- desde junio del 2014 a la fecha para la comuna de La Higuera, específicamente. Corresponden a 16 decretos emitidos.

Actualmente, se encuentra vigente el siguiente decreto de escasez hídrica sobre la cuenca del río Los Choros:

- N°125 de 05 de julio de 2021 con fecha de caducidad el 05 de enero de 2022, en la región de Coquimbo.

4.1.2 Oferta en la fuente

Dadas las características de la cuenca -donde gran parte de la precipitación se evapora rápidamente, con escurrimientos eventuales que infiltran al cauce recargando el acuífero subyacente-, no existe una oferta superficial continua. Más detalle de los procesos hidrológicos que sustentan la afirmación anterior puede encontrarse en el Capítulo 2 del Anexo H.

4.1.3 Calidad de las aguas superficiales

Dado que en la cuenca del río Los Choros no se observa escurrimiento permanente de aguas superficiales, el siguiente análisis considera solo 3 puntos de monitoreo de aguas superficiales. Estos son el humedal de la costa en el SHAC Los Choros Bajos y 2 afloramientos o escurrimientos en el SHAC de Tres Cruces. El primero cuenta con monitoreo histórico, mientras que los 2 afloramientos fueron muestreados por primera vez en la campaña del 2021. La data histórica considera un período de análisis desde 2011 hasta 2014 para aguas superficiales, en base a la recopilación de antecedentes detallada en la sección 1.2.4 del Anexo E.1.

4.1.3.1 Caracterización hidroquímica de aguas superficiales

Para el humedal, ubicado en el SHAC Los Choros Bajo hacia el sector de la costa, la campaña de monitoreo 2021 entregó valores de SDT de 38.862 mg/L, pH de 9,3 y conductividad de 1.362 μ S/cm. Esto muestra valores por debajo de la información histórica para la conductividad, con un valor en la mediana de 199.500 μ S/cm, por el contrario, el pH se muestra mayor en **comparación** con valores históricos, el cual muestra medianas de pH de 7.6. Sin embargo, para los SDT no se tiene información previa. Estas altas conductividades y SDT se explican por la alta influencia de agua de mar en la desembocadura y los problemas de intrusión salina que afectan al sector.

En el caso de los afloramientos en tres cruces los resultados de la campaña 2021 entregó valores de SDT bajo los 900 mg/L, siendo considerablemente menor al agua de la desembocadura. El afloramiento 1 y 3 presentaron valores de 652 mg/L y 842 mg/L de SDT respectivamente. En el caso del pH, Tres Cruces muestra valores de 7,4 en promedio para ambos afloramientos y la conductividad con una mediana de 1.129 μ S/cm. Cabe recordar que para este sector no se tiene data histórica.

Las aguas superficiales del sector de la cuenca del río Los Choros clasifican principalmente como cloruradas-sódicas en la desembocadura y sulfatadas-cálcicas en Tres Cruces de acuerdo con el diagrama de Piper (Figura 4-1) y diagramas de Stiff (Figura 4-2). Se ha considerado para este análisis solo el resultado de cationes disueltos en la campaña de monitoreo 2021.

Mayores detalles respecto a la caracterización de la calidad de las aguas superficiales se presenta en el Capítulo 4 del Anexo H, mediante la campaña de monitoreo 2021.

Tabla 4-1: Clasificación de las aguas superficiales de la cuenca Río Los Choros

SHAC	Hidrofacie
Los Choros Bajos	Cloruradas / sódicas
Tres Cruces	Sulfatadas / cálcicas

Fuente: Elaboración propia

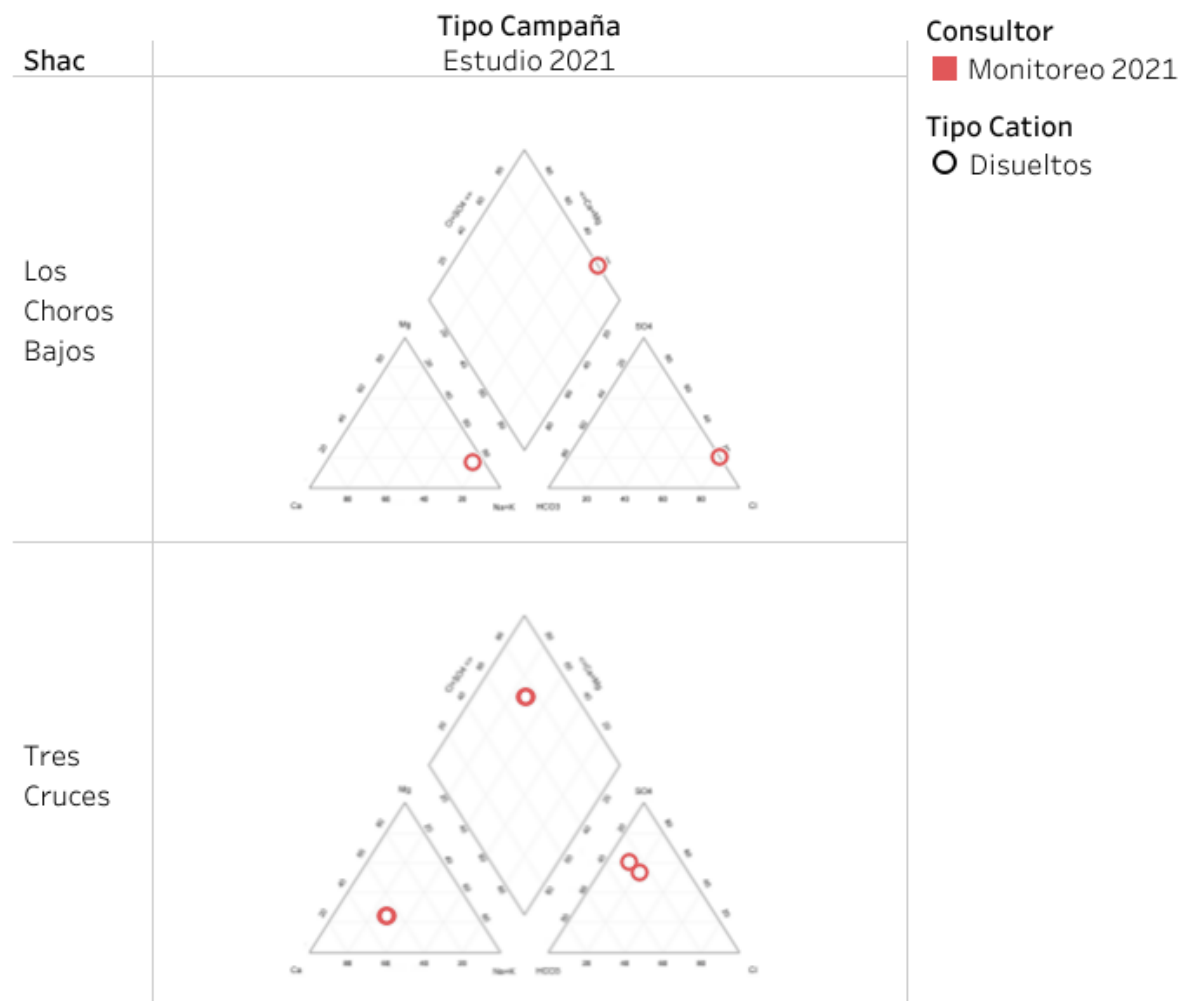


Figura 4-1: Diagramas de Piper para aguas superficiales de la cuenca del Río Los Choros

Fuente: Elaboración propia

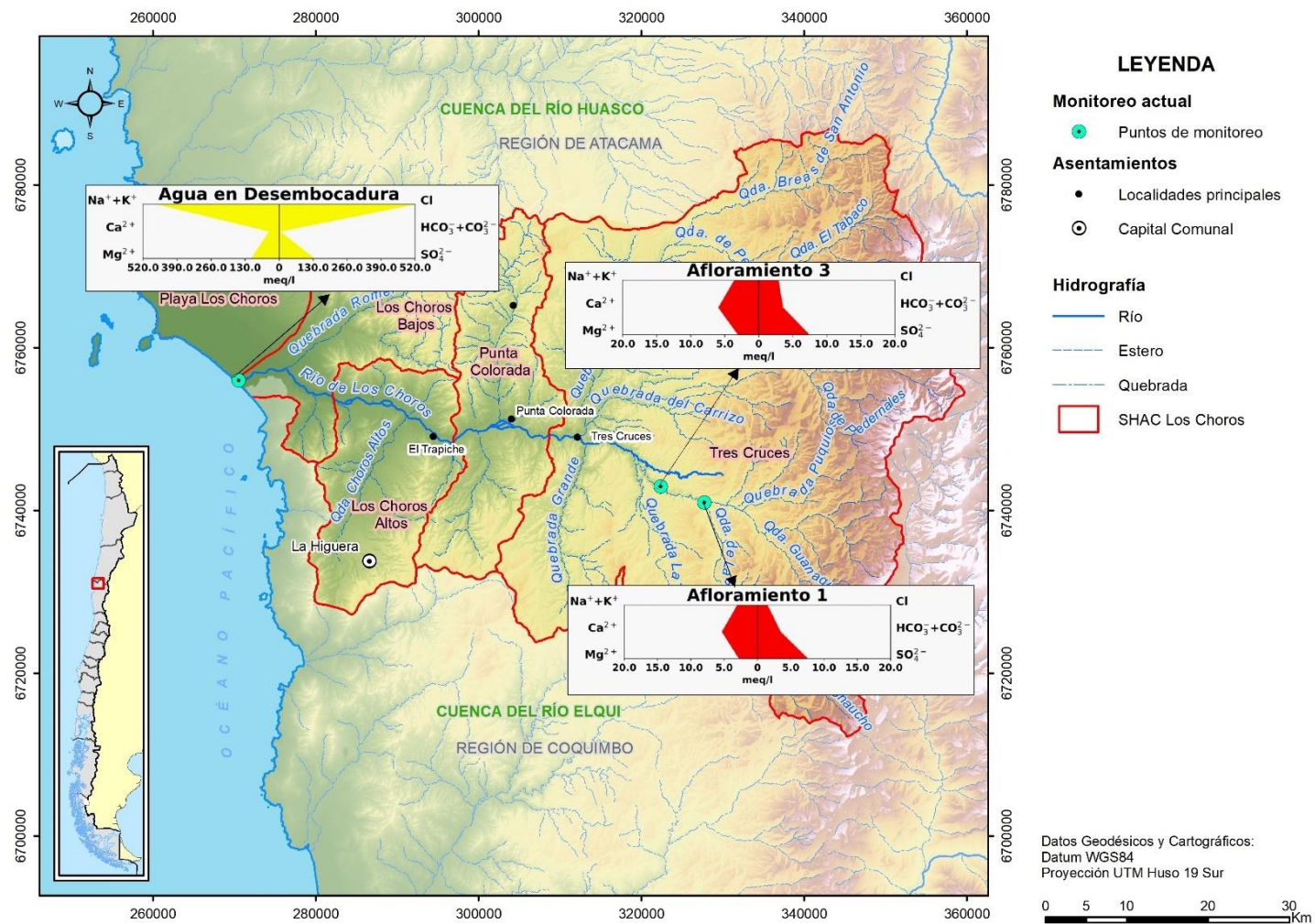


Figura 4-2: Mapa con diagramas de Stiff para aguas superficiales

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.2 Estado de la calidad de aguas superficiales

En este apartado se realiza una evaluación del estado de la calidad de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Los Choros, en el humedal costero y en los 2 afloramientos del SHAC Tres Cruces. Para los efectos de esta evaluación en específico, se consideraron los siguientes grupos de parámetros:

- Metales totales: As, Pb, Mn, Cr, Hg, Fe, Zn.
- Parámetros inorgánicos: Cl^- , SO_4^{2-} y NO_3^- .
- Parámetros físico-químicos: pH, CE y SDT.

A continuación, se presentan el análisis de aquellos parámetros que sus concentraciones en alguno de los 3 puntos de muestreo exceden las normas de referencia (NCh409/05 y/o NCh1333/78), es decir, manganeso, cloro, sulfato, pH, CE y SDT.

Metales

Manganeso

Las concentraciones de Mn son considerablemente elevadas en aguas del humedal de playa Los Choros en el SHAC de Los Choros Bajos, asociado al importante aporte de agua de mar al humedal. Por otra parte, en la parte alta de la cuenca, ambos afloramientos de Tres Cruces se mantienen dentro del rango aceptable de la norma NCh 1.333 (0,20 mg/L), con valores de 0,094 mg/L y 0,0005 mg/L para los afloramientos 1 y 3 respectivamente.

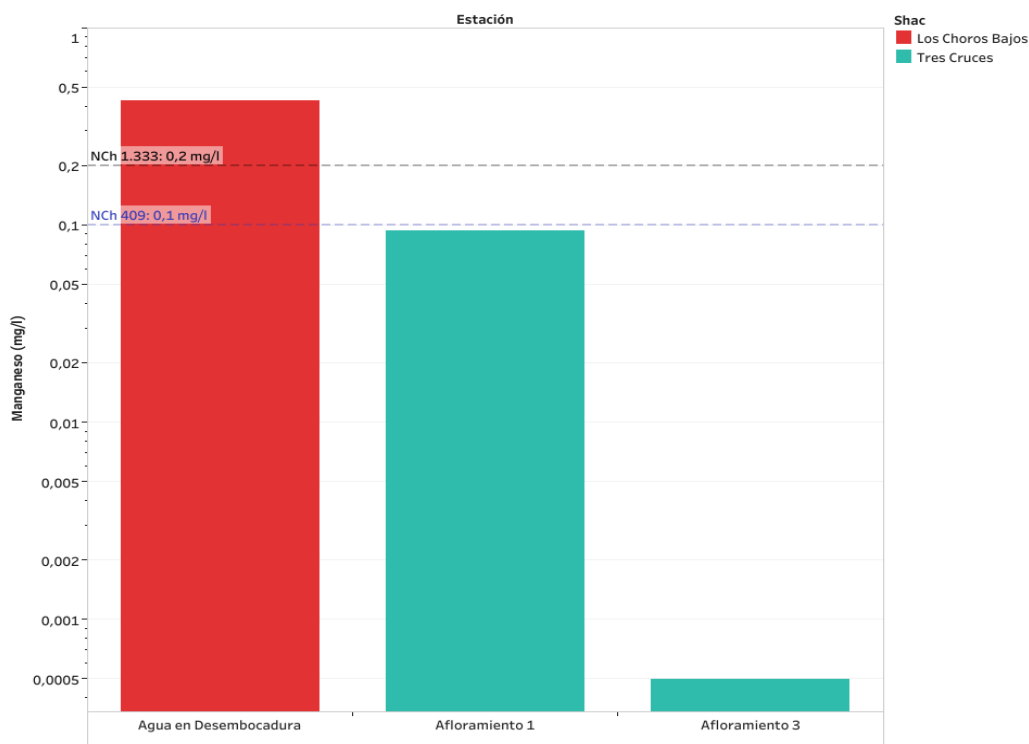


Figura 4-3: Gráfico Mn total para aguas superficiales

Fuente: Elaboración propia

Parámetros inorgánicos

Cloruro

Respecto del contenido de cloruros (Figura 4-4), el humedal de playa Los Choros, ubicada en el SHAC de Los Choros Bajos presentó concentraciones por sobre los límites permitidos según las normas NCh409/05 (400 mg/L) y NCh1333/78 (200 mg/L) con valores de 18.423 mg/L; mientras que los Afloramientos 1 y 3 en el SHAC Tres Cruces, ubicado en la parte alta de la cuenca, las concentraciones de cloruro se encuentran bajo de la norma de agua potable con valores de 52 mg/L y 102 mg/L respectivamente.

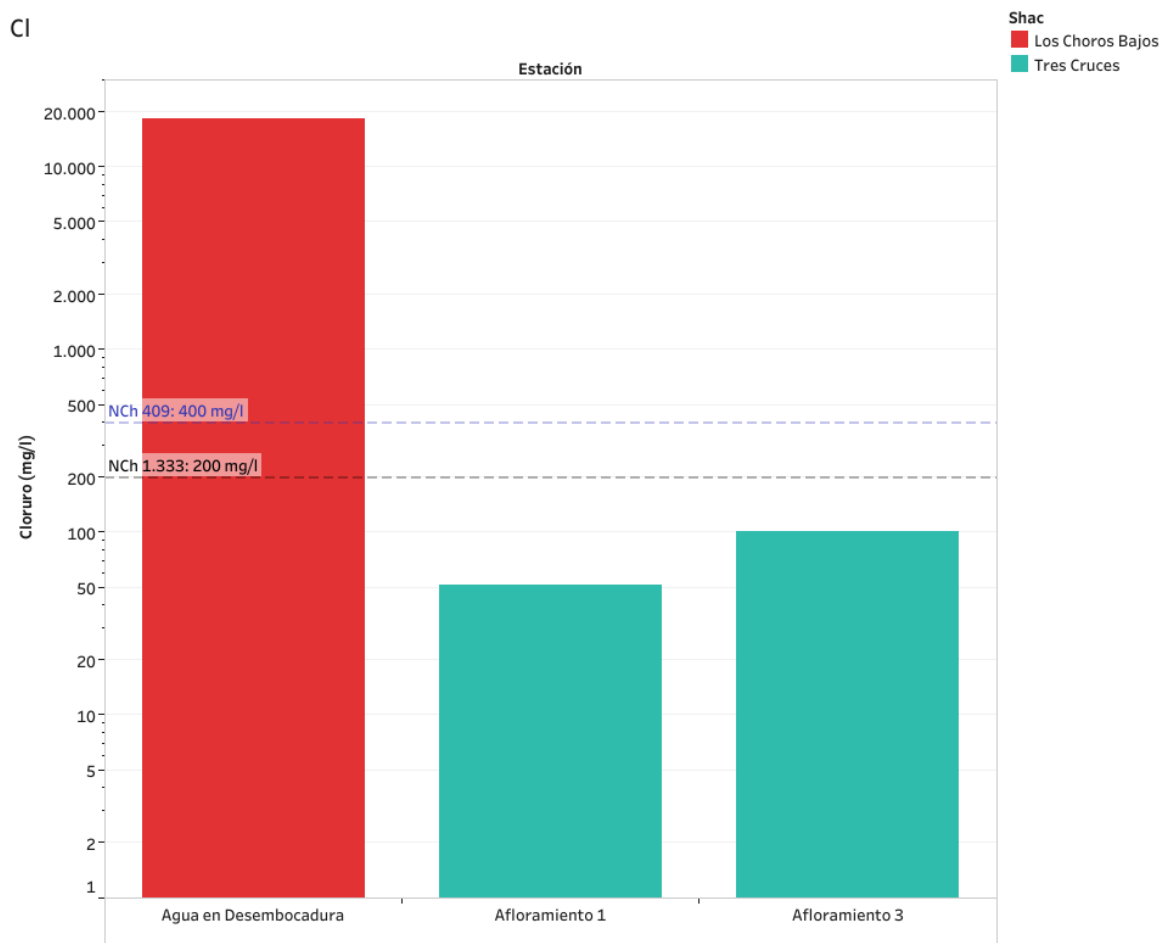


Figura 4-4: Gráfico de Cl⁻ para aguas superficiales

Fuente: Elaboración propia

Sulfato

El SO_4^{2-} de igual forma que el Mn y cloruros, presentó las mayores concentraciones en el humedal de playa Los Choros con un valor sobre los 6.400 mg/L, sobrepasando considerablemente lo estipulado en las normas NCh409/05 (500 mg/L) y la NCh1333/78 (250 mg/L) (Figura 4-5). Los Afloramientos 1 y 3 en el SHAC Tres Cruces excedieron los valores de la norma de riego NCh1333/78, pero no superó la norma de agua potable NCh409/05 presentando valores de 361 mg/L y 355 mg/L respectivamente.

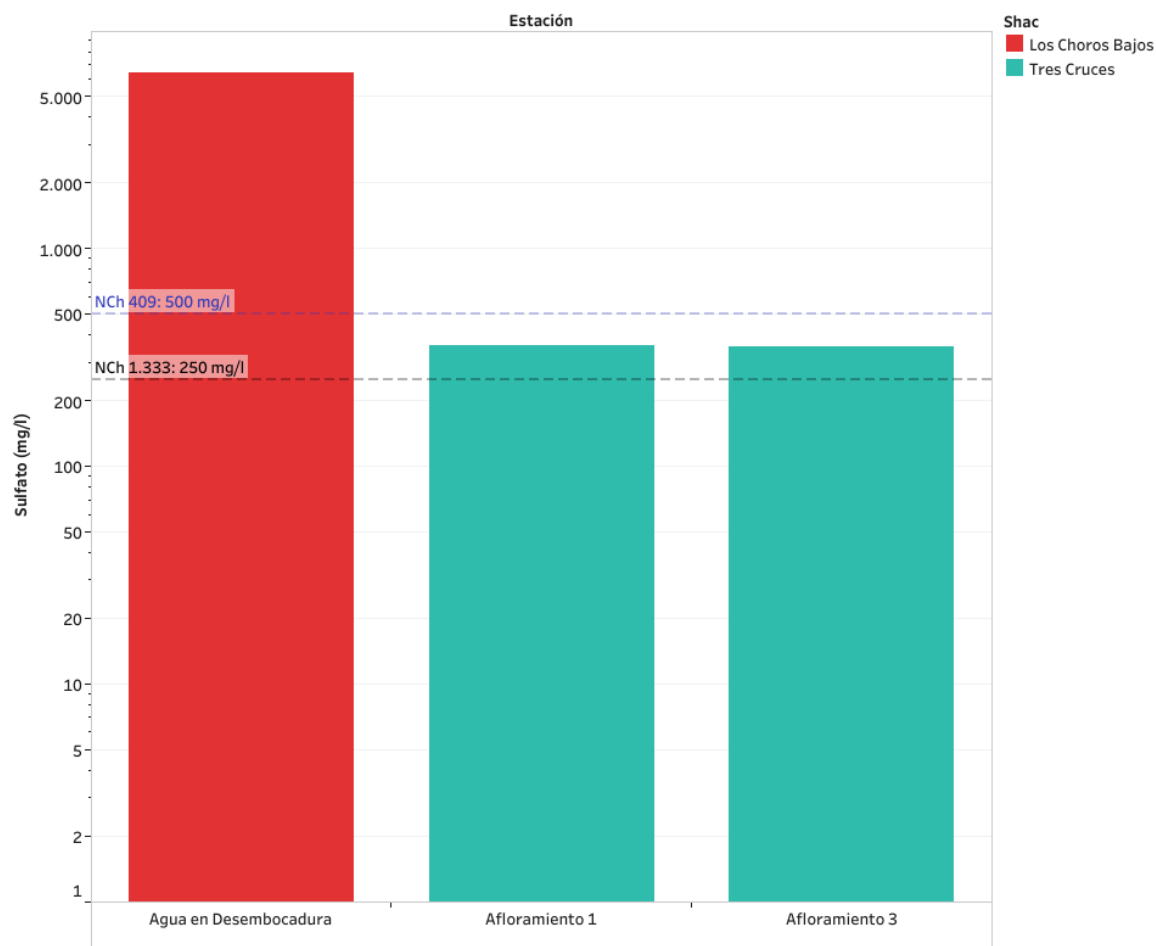


Figura 4-5: Gráfico de Sulfato para aguas superficiales

Fuente: Elaboración propia

Parámetros fisicoquímicos

pH

El humedal de la playa es la única muestra que arroja valores que no cumple con los permitidos por la NCh409/05 (6,5 – 8,5) ni NCh1333/78 (5,5 – 9,0) (Figura 4-6), con registros ligeramente alcalinos (pH superior a 9). Los afloramientos 1 y 3 en el sector Tres Cruces tienen pH dentro de ambas normas con valores 7,3 y 7,4 respectivamente.

Conductividad Eléctrica y Sólidos Disueltos Totales

Con respecto a la CE (Figura 4-7) los registros superan la NCh1333/78 (750 μ S/cm) tanto en la cabecera de la cuenca como en la playa todos con valores por sobre los 1.000 μ S/cm. Para los SDT (Figura 4-8) los límites permitidos por la norma NCh409/05 (1.500 mg/L) son superados solo en el caso de la desembocadura con valores por sobre los 38.000 mg/L.

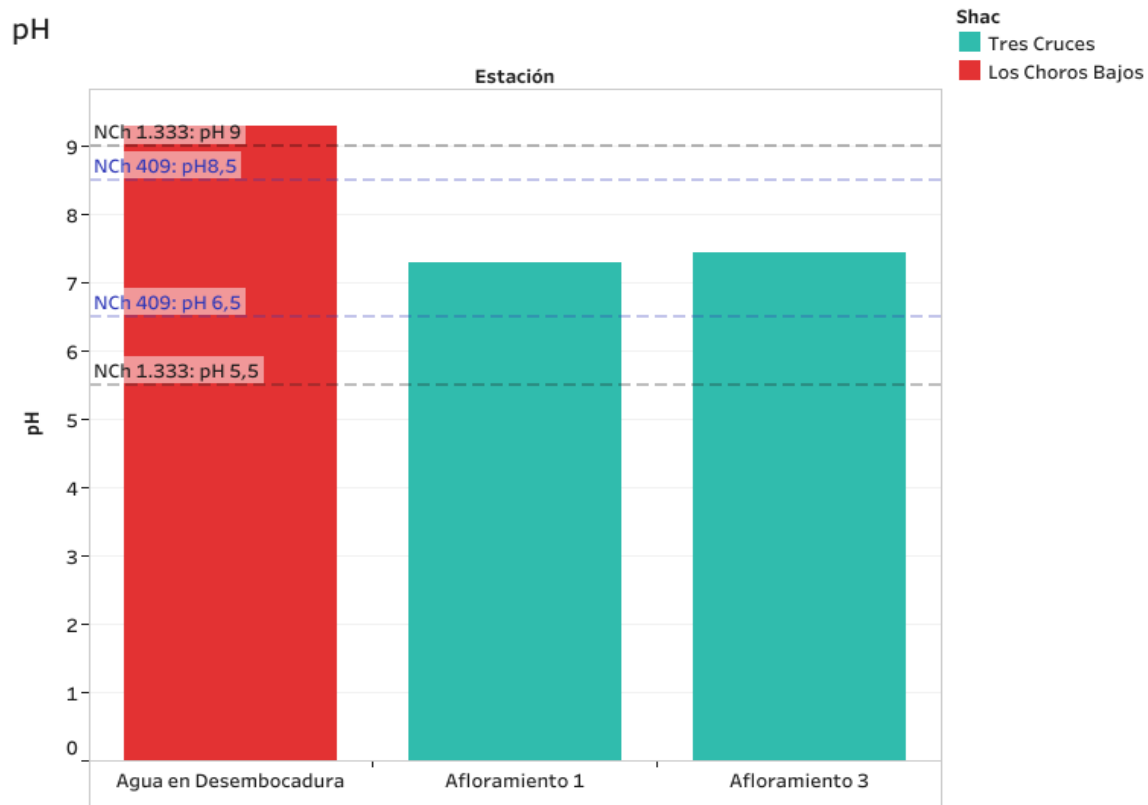


Figura 4-6: Gráfico de pH para aguas superficiales

Fuente: Elaboración propia

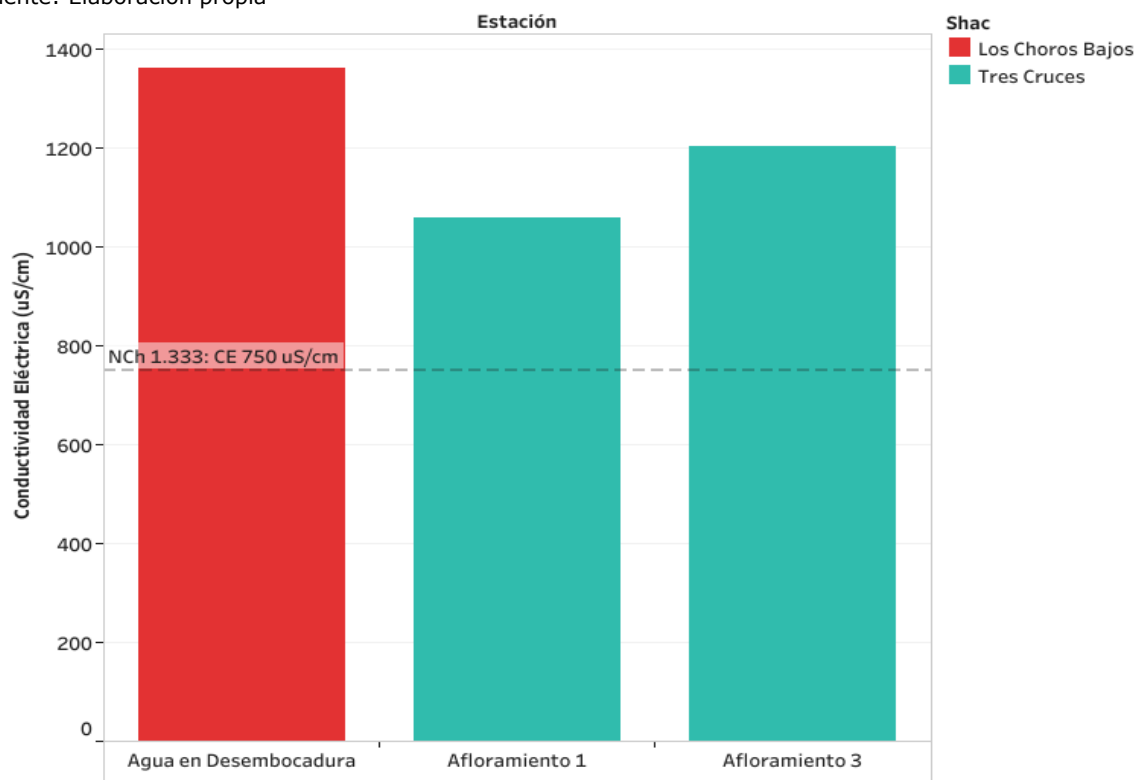


Figura 4-7: Gráfico CE para aguas superficiales

Fuente: Elaboración propia

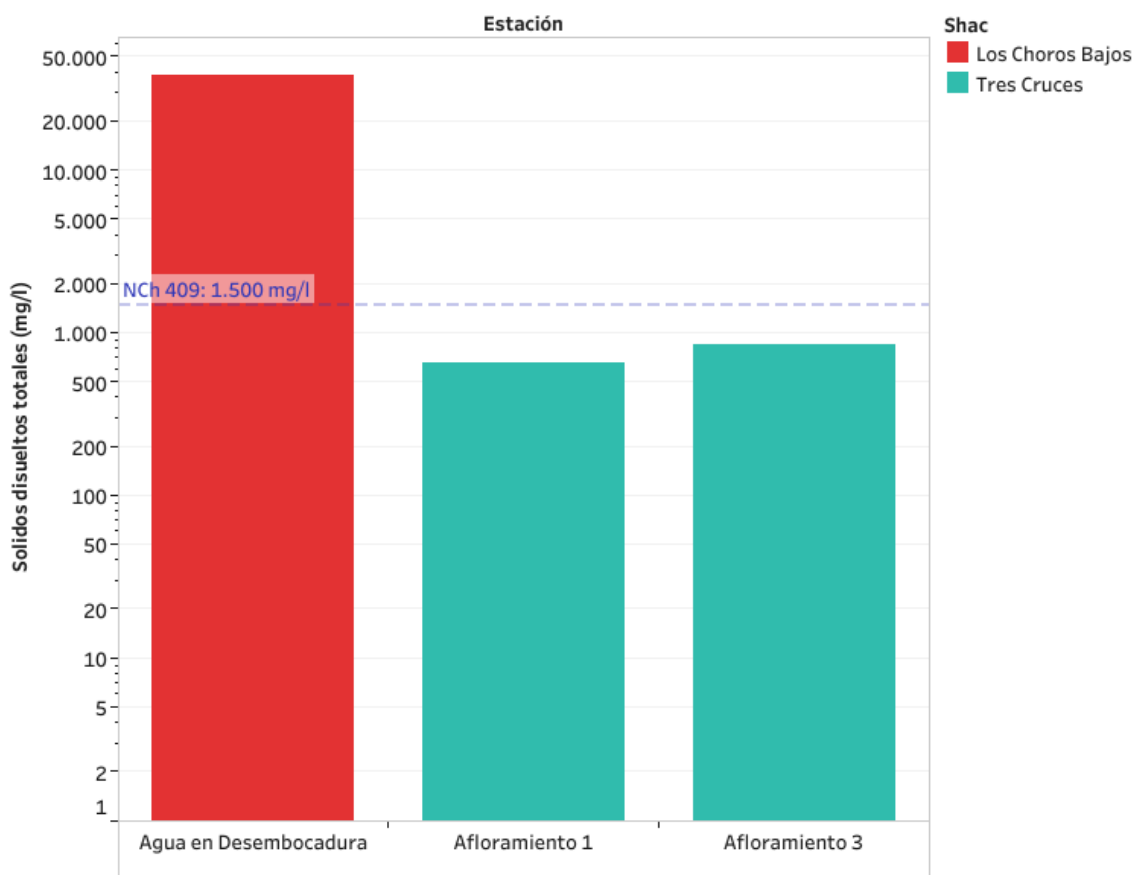


Figura 4-8: Gráfico SDT para aguas superficiales -

Fuente: Elaboración propia

4.1.4 Derechos de Agua Superficial

Dentro de la planilla de Derechos de Aprovechamiento de Aguas entregados por DGA, sólo se contabilizan dos expedientes cuya naturaleza es de origen Superficial, los cuales se muestran en la Tabla 4-2.

Tabla 4-2: Derechos de Aprovechamiento Superficiales

Nombre Solicitante	Año Solicitud / Toma de Razón ⁸	Uso	Caudal Otorgado [l/s]	Porcentaje del total de DAA Sup.
María Eugenia Gómez Carrasco y Otros	2003	Sin Especificar	1,0	25%
Cia Bethlehem Chile Iron Mines	1962	Saneamiento	3,0	75%

Fuente: Elaboración propia.

⁸ En algunos casos, solo se tiene información asociada a la fecha de Solicitud del Derecho de Aprovechamiento.

4.2 AGUA SUBTERRÁNEA

4.2.1 Fuentes subterráneas

4.2.1.1 Identificación de fuentes

En base a la geología superficial de la zona, a la estratigrafía en subsuperficie registrada en el catastro de pozos, y a antecedentes hidrogeológicos existentes, se definen 4 unidades hidrogeológicas (UH), las cuales se detallan en el mapa hidrogeológico de la Figura 4-9.

- **UH-1:** Compuesta por sedimentos no consolidados del Cuaternario, correspondientes a depósitos fluviales (canales fluviales activos y barras inactivas) que rellenan las quebradas de la zona y las terrazas en ambos márgenes de los valles fluviales principales, y depósitos litorales en la zona costera. Se estima una transmisividad alta del orden de unos 6000 m²/día, equivalente a una conductividad hidráulica entre 20 y 140 m/día. Unidad de alta importancia hidrogeológica.
- **UH-2:** Está conformada por sedimentos no consolidados correspondientes a depósitos aluviales (inactivos y activos) y depósitos coluviales, provenientes de nacientes de quebradas y laderas altas, que cubren terrazas y rellenan quebradas. Estos sedimentos corresponden a limos, arenas, gravas y ripios. Esta unidad no está saturada y actúa más bien como un transmisor de recarga.
- **UH-3:** Incluye a las facies fluviales y aluviales semi-consolidadas del Mioceno Superior - Plioceno Inferior, cuya principal unidad geológica corresponde a la Formación Confluencia. La permeabilidad de esta unidad se estima entre 1 m/día y 10 m/día, lo que le atribuye una importancia hidrogeológica media.
- **UH-4:** Agrupa a todas las rocas consolidadas del área de estudio, de edades Jurásica Inferior al Eoceno, que corresponden a rocas volcánicas y volcano-sedimentarias, compuestas por lavas, tobas, brechas, conglomerados y caliza. Se estiman valores muy bajos de conductividad hidráulica de entre 0,0001 y 0,01 m/día, por lo que es una unidad con baja a nula importancia hidrogeológica, que actúa más bien como un acuífugo, conformando el basamento de los rellenos acuíferos.

El principal acuífero se desarrolla en los depósitos no consolidados del Cuaternario (UH-1) y en menor medida en los del Mioceno-Plioceno (UH-3), que se ubican en las quebradas principales de la zona. Análisis de la información litológica disponible y observaciones realizadas indican que la falta de capas confinantes continuas, sumado al comportamiento de los niveles dinámicos durante las pruebas de bombeo analizadas, permiten señalar que se trata de un acuífero del tipo libre, concordando con estudios hidrogeológicos previos (DGA, 2005b y Andes Iron 2013).

Dado que la cuenca del río Los Choros no tiene su límite oriental en la Cordillera de los Andes, sino en cadenas montañosas de menor altura, como es la Cordillera de La Punilla cuyas cumbres más altas no superan los 4.000 m.s.n.m., el aporte de aguas provenientes del derretimiento de nieves es prácticamente nulo. Por lo tanto, la recarga actual de los acuíferos proviene casi exclusivamente de las percolaciones producto de las precipitaciones (DGA, 2004).

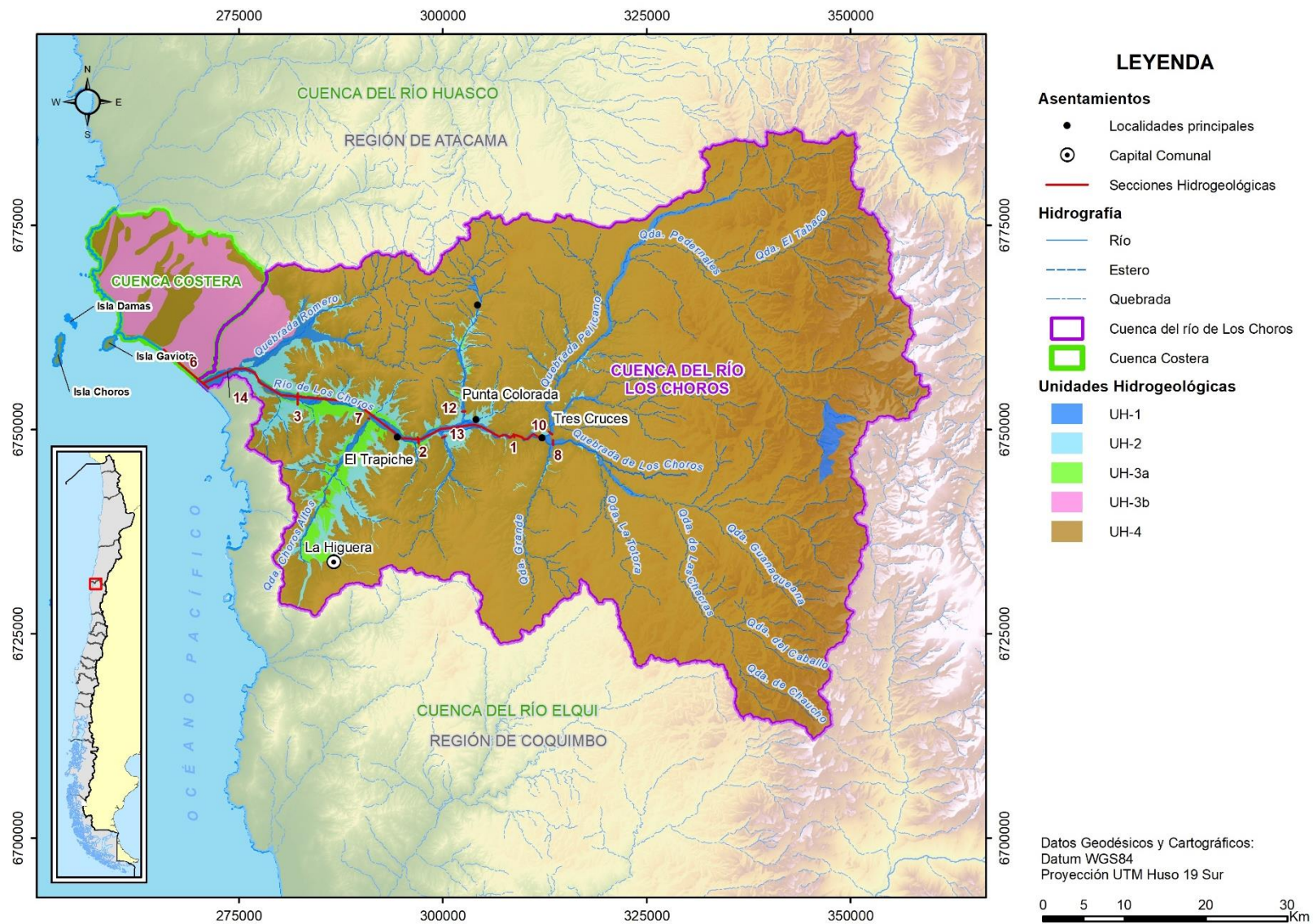


Figura 4-9. Mapa Hidrogeológico Cuenca del río Los Choros

Fuente: Elaboración propia en base a información Mapoteca DGA y Geología Sernageomin 1:1.000.000.

Junto con lo anterior, dado que el área cubierta por sedimentos (212 km²) representa aproximadamente sólo un 5% del área total de la cuenca, las precipitaciones - ocasionales- escurren principalmente sobre las zonas montañosas impermeables (95% de la cuenca) para infiltrarse en la zona de rellenos y recargar el sistema hidrogeológico. Sólo en el caso de lluvias especialmente intensas el río Los Choros presenta escurrimientos superficiales. Asimismo, la descarga de los sistemas acuíferos del río Los Choros corresponde principalmente a la explotación de las captaciones existentes.

4.2.1.2 División administrativa

En la Figura 4-10 se muestra la distribución del principal acuífero que se identifica en la cuenca además de los 5 Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común (SHAC) dentro de la cuenca del río Los Choros. Por otra parte, en la Tabla 4-3 se presenta el detalle de los sectores.

Tabla 4-3: SHAC en el acuífero de Los Choros

Cuenca	SHAC	Superficie (km²)
Los Choros	Tres Cruces	2.689
	Punta Colorada	451
	Los Choros Altos	399
	Los Choros Bajos	341
	Playa Los Choros	300

Fuente: Elaboración propia basada en información oficial de la DGA

Se describen cinco zonas de aprovechamiento común (SHAC), de oriente a poniente:

- La primera zona llamada "Tres Cruces", ubicada en la parte alta de la cuenca, comprende las subcuencas de Quebrada Pelicano y Quebrada de Los Choros.
- La segunda, llamada "Punta Colorada", comprende la parte media de la cuenca, abarcando la superficie compuesta por la Quebrada Agua Grande y la Quebrada Pajonales.
- La tercera zona, llamada "Los Choros Altos", engloba mayoritariamente el área cubierta por la Quebrada Choros Altos, más otras quebradas menores adyacentes.
- La cuarta zona, llamada "Los Choros Bajos" comprende parte de la desembocadura de la cuenca más los cauces provenientes desde la Quebrada Romero.
- Finalmente, al norte de la desembocadura, se encuentra la quinta zona, llamada "Playa Los Choros". Si bien esta zona se encuentra parcialmente fuera del dominio de la cuenca, se considera como parte del área de estudio (DGA, 2004) dado que se encuentra conectada en términos hidrogeológicos a Los Choros Bajos.

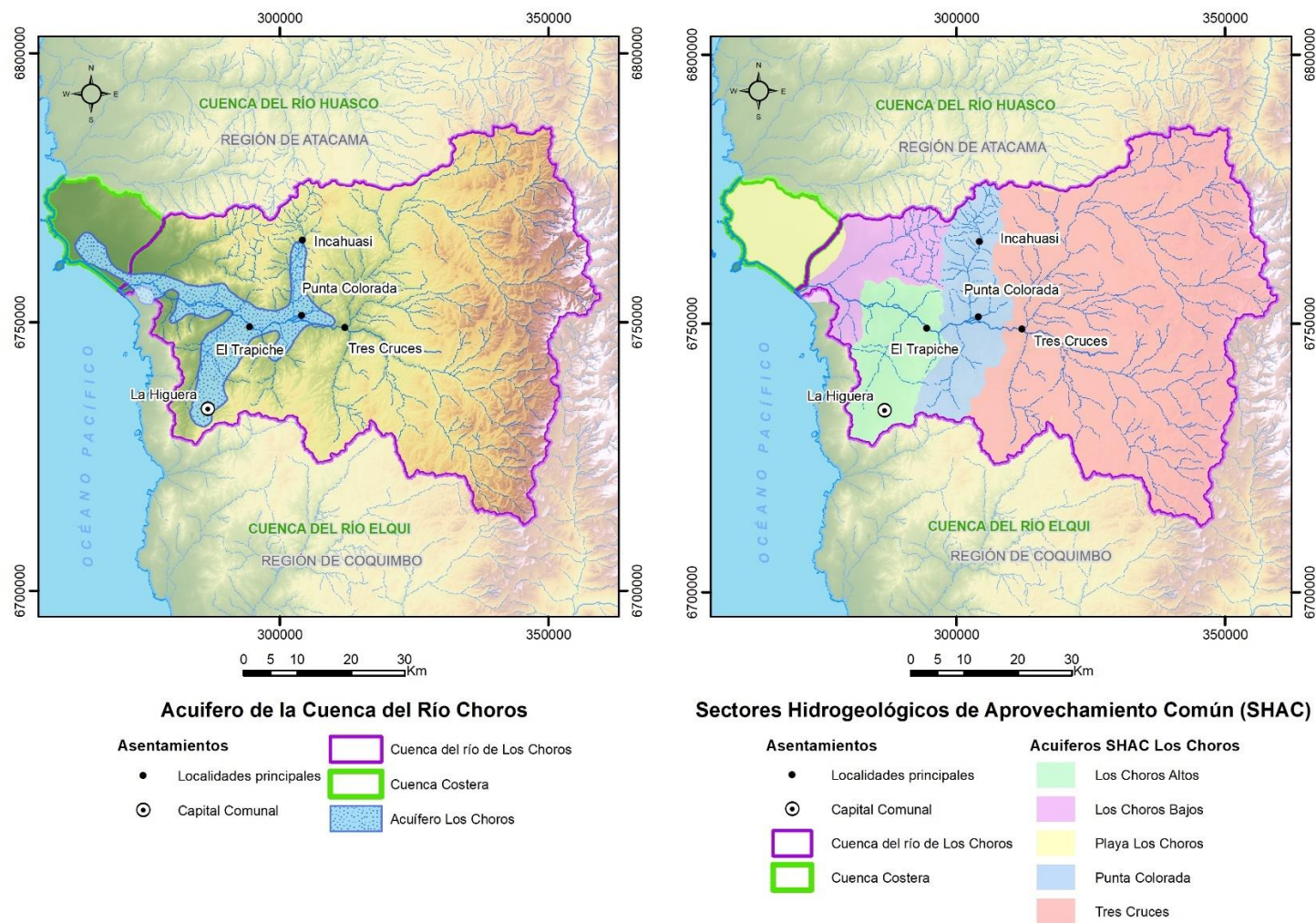


Figura 4-10. Aguas Subterráneas en la cuenca del río Los Choros

Fuente: Elaboración propia en base a información Mapoteca DGA y Geología Sernageomin 1:1.000.000.

4.2.1.3 Restricciones de uso sobre fuentes subterráneas

Con la finalidad de tener una visión amplia de los problemas de escasez que han ido apareciendo temporalmente, se presentan seguidamente las restricciones al uso de agua en la cuenca, en sus diferentes figuras de protección de las aguas subterráneas. En el acápite 3.3.1.2. del Anexo F se presenta la definición de cada restricción considerada.

No existen restricciones de uso sobre fuentes subterráneas en la cuenca del río Los Choros asociadas a zonas de conservación, zonas de prohibición o decretos de reserva. Sin embargo, si existen SHAC determinados como áreas de restricción.

Según el Informe Técnico N°170 del 2005, se declara área de restricción para nuevas extracciones de aguas subterráneas en los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común de los Choros Alto, Punta Colorada y Tres Cruces del acuífero de Los Choros. La Tabla 4-4 indica un resumen de los derechos factibles de otorgar según el estudio y la demanda establecida en dichas referencias, mientras que en la Tabla 4-5 se muestra el detalle de las áreas de restricción de aguas subterráneas declaradas en la cuenca. Se puede observar en la Tabla 4-4 que los derechos otorgados para junio de 2005 igualan o superan los derechos factibles de otorgar en los acuíferos en cuestión.

En este sentido, los derechos factibles de otorgar (o caudales máximos sustentables) fueron determinados en función a un criterio técnico, que buscaba encontrar un escenario que cumpliera con ciertas condiciones de sustentabilidad en el largo plazo, entre las que se detallan:

- Lograr la estabilización de los niveles de agua subterránea y que estos no alcancen el límite establecido de profundidad máxima aceptable (65% del espesor promedio del relleno en el sector)
- Caudales de bombeo impuestos deben ser factibles de explotar en el largo plazo
- Caudal extraído no debe perjudicar a terceros aguas abajo

Finalmente, los derechos vigentes a la fecha señalada (13 de junio de 2005) se determinaron en función a las solicitudes constituidas, en trámite y aquellas que podían ser regularizadas a través del Artículo 2° Transitorio del Código de Aguas.

Tabla 4-4: Comparativo entre derechos factibles y demanda establecida al año 2005

Sector Acuífero	Derechos Factibles (m³/s)	Demanda Vigente al 13-06-2005 (m³/s)
Choros Alto	1,160	1,160
Punta Colorada	0,700	0,846
Tres Cruces	1,000	1,175
Choros Bajos	0,200	0,001
Playa Los Choros	0,500	0,008
TOTAL	3,560	3,190

Fuente: Informe Técnico N°170, DGA, 2005

Tabla 4-5: Áreas de restricción en el acuífero del río Los Choros

Cuenca	Sector	Limitación	Res. DGA N°	Fecha Res. DGA	Referencia y año
Los Choros	Tres Cruces	Área de Restricción	285	01-09-2005	Informe técnico N°170 (2005)
	Punta Colorada	Área de Restricción	285	01-09-2005	
	Los Choros Altos	Área de Restricción	285	01-09-2005	

Fuente: Elaboración propia en base a información Mapoteca DGA

4.2.2 Stock, recarga y niveles

En el presente apartado se presentan resultados y análisis extraídos de los resultados del modelo hidrogeológico numérico desarrollado en el Capítulo 6 del Anexo H.

En el B-14.60.189(191(p)15)-38(4(o)-)]189-sr

condicionadas por el aumento de la demanda en el sistema y reducción de la recarga al sistema.

4.2.3 Calidad de las aguas subterráneas

En el apartado 2.6.2 se presentan las estaciones de calidad de la red hidrométrica de la DGA, entre las que se encuentran pozos con monitoreo de calidad fisicoquímica, y que junto a la campaña de muestreo realizado como parte del presente estudio, constituyen la base principal para el análisis del estado de la calidad de las aguas subterráneas. La campaña de monitoreo de parámetros fisicoquímicos *in-situ* y muestreo de agua subterránea-superficial fue realizado entre los días 26 de septiembre al 02 de octubre de 2021. Detalles del Plan de muestreo, puntos monitoreados, análisis de laboratorio y controles de calidad aplicados se encuentran en el Capítulo 4 del Anexo H.

En esta sección la calidad de las aguas subterráneas en la cuenca se describe en función de la caracterización hidroquímica histórica; el estado actual de las aguas mediante el análisis de parámetros relevantes en relación con las normas de referencia de agua potable (NCh409/05) y riego (NCh1333/78), y la determinación del índice de calidad. La metodología aplicada se presenta en el Anexo F (Capítulo 3, Sección 3.3.1.3) y detalles de los resultados en el Anexo H, Capítulo 4. Adicionalmente, para la data histórica se ha considerado los datos de la recopilación de antecedentes, los que se detallan en la sección 1.2.4 del Anexo E.1, la cual considera un período de análisis desde 1995 hasta 2019 para aguas subterráneas.

4.2.3.1 Caracterización hidroquímica de aguas subterráneas

La calidad química de las aguas subterráneas de la cuenca del río Los Choros se caracterizan históricamente por ser aguas neutras a alcalinas, con altos valores de conductividad eléctrica y altos contenido de sólidos disueltos totales (SDT, mayor que 1.000 mg/L). Por lo tanto, la mayoría de las aguas clasificarían como salobres, con excepción de las aguas del río Los Choros en el SHAC Los Choros Altos (noria El Trapiche), las cuales clasifican como aguas dulces (menor que 1.000 mg/L SDT). Esta clasificación se basa en la composición relativa de elementos mayores, tanto cationes como aniones, teniendo en consideración que el presente análisis ha considerado los cationes disueltos y totales.

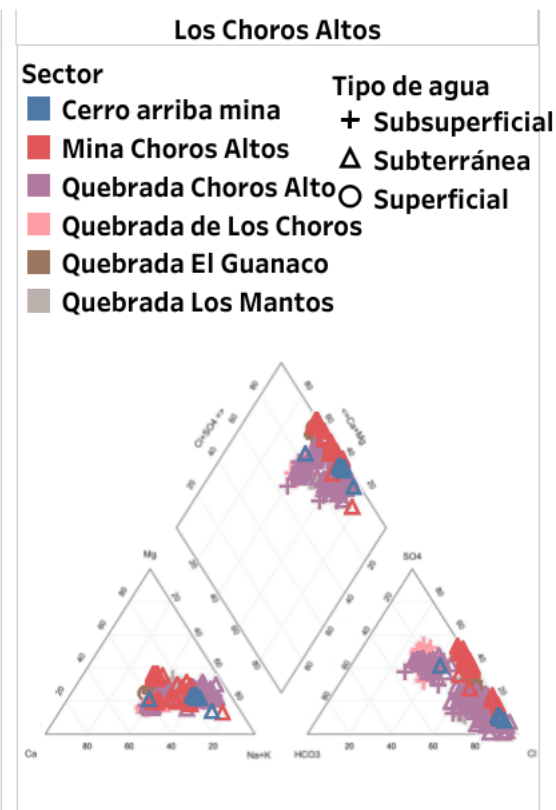
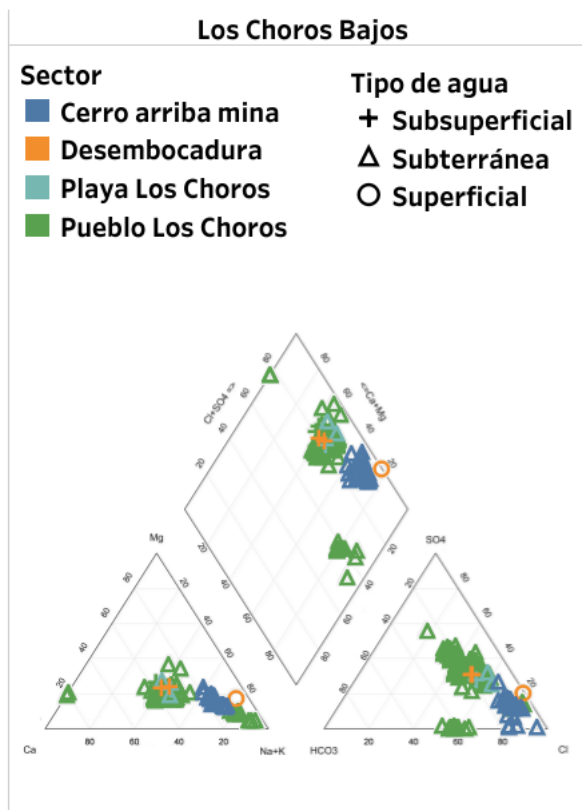
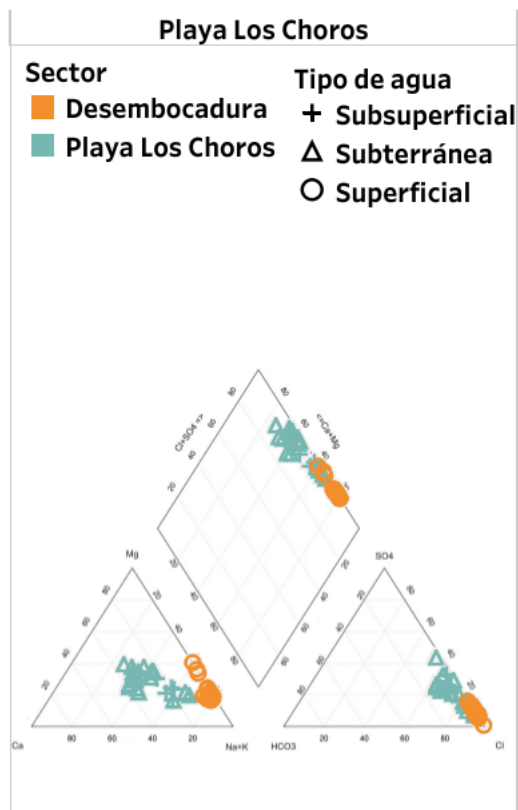
En general el pH del sector de estudio se presenta en un rango entre 5,4 y 9,4 y con una mediana general de 7,8. No se distinguen grandes diferencias en la mediana del pH entre los distintos SHAC. Los pozos y norias de la Playa Los Choros exhibieron altos valores de conductividad (mediana 5.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) revelando la posiblemente influencia de intrusión salina. Las aguas subterráneas del sector de la cuenca del río Los Choros se clasifican principalmente como cloruradas-sódicas, a excepción de las aguas en Tres Cruces, que clasifican como sulfatadas-cálcicas (Tabla 4-7, Figura 4-12)

Tabla 4-7: Clasificación de las aguas de la cuenca del río Los Choros

SHAC	Hidrofacie
Playa Los Choros	Cloruradas / Sódicas-cálcicas
Los Choros Bajos	Cloruradas / Sódicas y Cloruradas- sulfatadas/ Sódicas
Los Choros Altos	Cloruradas / Sódicas y Cloruradas-sulfatadas / Sódicas-cálcicas
Punta Colorada	Cloruradas sulfatadas / sódicas a cálcicas
Tres Cruces	Sulfatadas / cálcicas a sódicas

Fuente: Elaboración propia

a)



b)

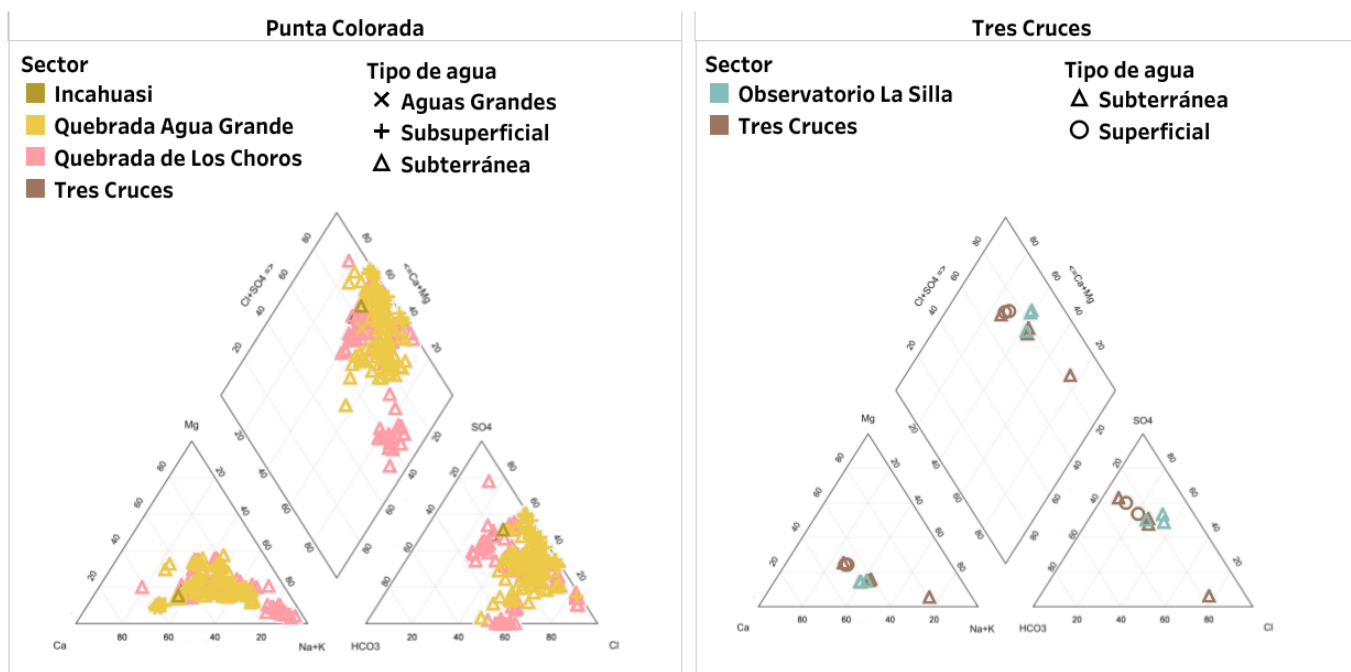


Figura 4-12: Diagrama Piper para aguas subterráneas y subsuperficial en a) Playa Los Choros, Los Choros Bajos, Los Choros Altos y b) Punta Colorada y Tres Cruces

Fuente: Elaboración propia

4.2.3.2 Estado de la calidad de aguas subterráneas

En este apartado se realiza una evaluación del estado de la calidad de las aguas continentales subterráneas de la cuenca del río Los Choros, a través de la información que aportan las estaciones de calidad pertenecientes a la Red Hidrométrica de la DGA, y la información del muestreo del presente estudio.

Para los efectos de esta evaluación en específico, se consideraron los siguientes parámetros:

- Metales totales: As, Pb, Mo, Fe, Mn, Cr, Ag y Zn.
- Parámetros inorgánicos: Cl^- , SO_4^{2-} y NO_3^- .
- Parámetros fisicoquímicos: pH, CE y SDT.

Metales y metaloides

Arsénico

En general, el promedio de las aguas subterránea estuvo por debajo de la norma de agua potable (umbral 0,01 mg/L), sin embargo, existen casos elevados de As, según la información campaña realizada el 2021, superando la norma de agua potable, en los SHAC Los Choros Altos, Punta Colorada y Tres Cruces (Figura 4-13), pero por debajo de la normativa para aguas de riego NCH 1.333 (0,1 mg/L).

En el SHAC Los Choros Alto, el pozo PO-2 en quebrada Los Choros muestra valores por sobre la norma de agua potable (0,01 mg/L) con concentraciones de 0,03 mg/L. En el caso del sector del pueblo de Punta Colorada, los pozos Punta Colorada y ND-0401-342 superaron levemente la norma NCh 409/05 en el monitoreo reciente (con valores de 0,018 y 0,012 mg/L). Lo mismo ocurre en el sector de la quebrada Los Choros con los pozos ND-0401-481, ND-0401-638, ND-0401-440.

Por otro lado, la data histórica de los pozos de Quebrada Agua Grande (PR-1, PR-1A, PR-6, PR-7, PR-8, Noria Chañar 3 y 4) muestra valores por sobre la norma NCH 409/05.

Para el SHAC Tres Cruces, según la información reciente obtenida, los valores de As son levemente superados en la Quebrada Pelicano para el pozo Observatorio La Silla (con una concentración de 0,012 mg/L), al igual que en la quebrada de Los Choros para los pozos Encontrado (0,022 mg/L) y el pozo recientemente perforado en el sector Tres Cruces (0,011 mg/L).

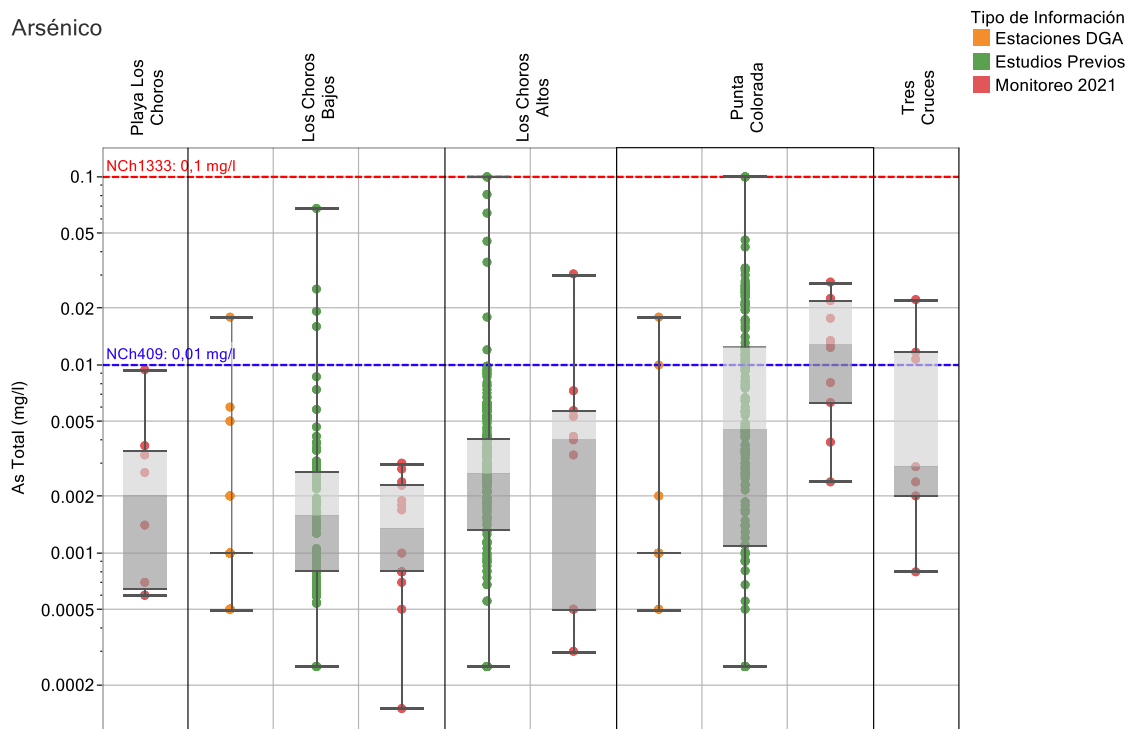


Figura 4-13: Boxplot de arsénico total (mg/L)

Fuente: Elaboración propia

Plomo

En general, los valores de Pb se encuentran dentro de la norma de agua potable NCH 409/05 (Figura 4-14), sin embargo, la información de la campaña 2021 mostró valores sobre esta norma en el sector de Playa Los Choros para los pozos LC-13 y Camping El Oasis con valores de 0,085 y 0,066 mg/L respectivamente. En el SHAC de Punta Colorada, en Quebrada Agua Grande, los pozos PR-3A y PR-6 mostraron valores que excedieron esta norma, donde PR-6 ya mostraba valores anómalos en la data histórica.

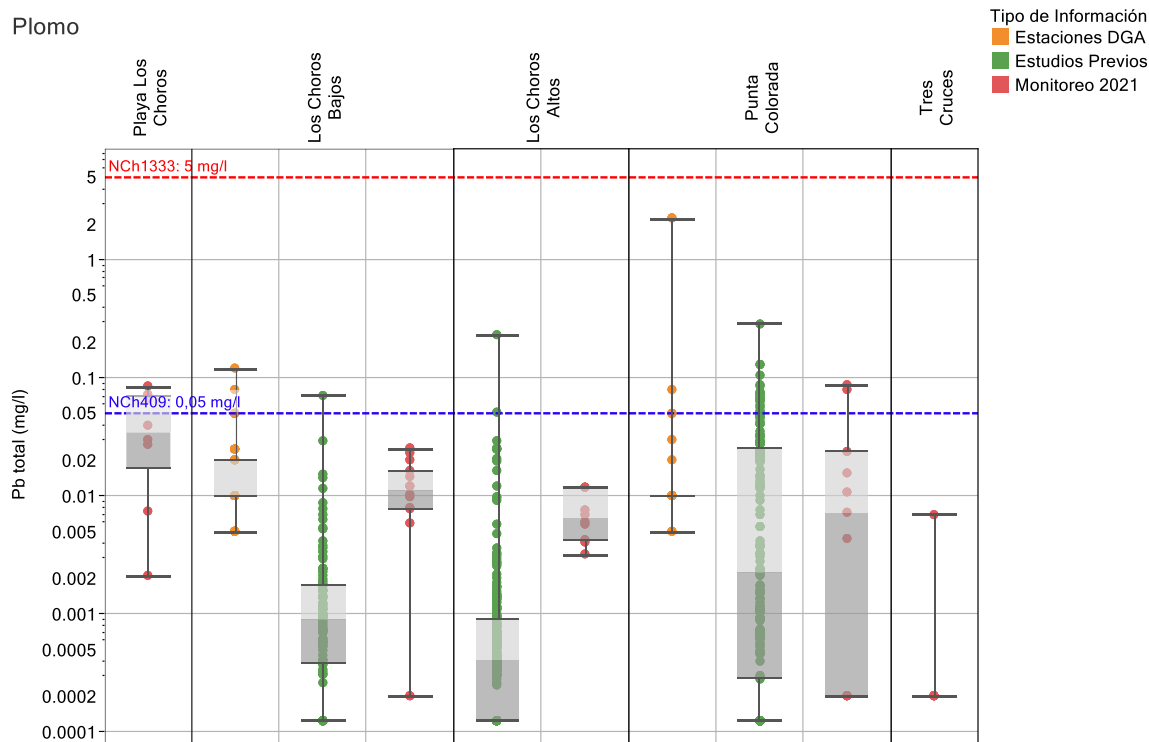


Figura 4-14: Boxplot de plomo total (mg/L)

Fuente: Elaboración propia

Molibdeno

El muestreo de aguas de este estudio indicó altas concentraciones de molibdeno en el sector Playa Los Choros, superando la norma NCh1333/78 (0,01 mg/L), específicamente para los pozos LC-13, Camping El Oasis y Camping El Oasis (2) (Figura 4-15). En el SHAC Los Choros Altos, las concentraciones de molibdeno durante la campaña 2021 estuvieron relativamente sobre la norma de agua de riego (hasta 0,015 mg/L), sin embargo, las mediciones históricas mostraron valores por sobre esta norma en el sector de la Quebrada Choros Altos (hasta 0,97 mg/L).

Para el SHAC de Punta Colorada, los pozos de Quebrada Agua Grande presentaron aguas con concentraciones de molibdeno por sobre la norma de riego, en los pozos PR-3A, PR-5A. Similarmente, al igual en el río Los Choros la mayoría de los pozos monitoreados arrojan valores que exceden la norma (Punta Colorada, ND-0401-440, ND-0401-342, ND-0401-638, APR Incahuasi y Pozo Los Choros N°4 B-2), a excepción del pozo ND-0401-481 con rangos bajo la norma (0,0031 mg/L).

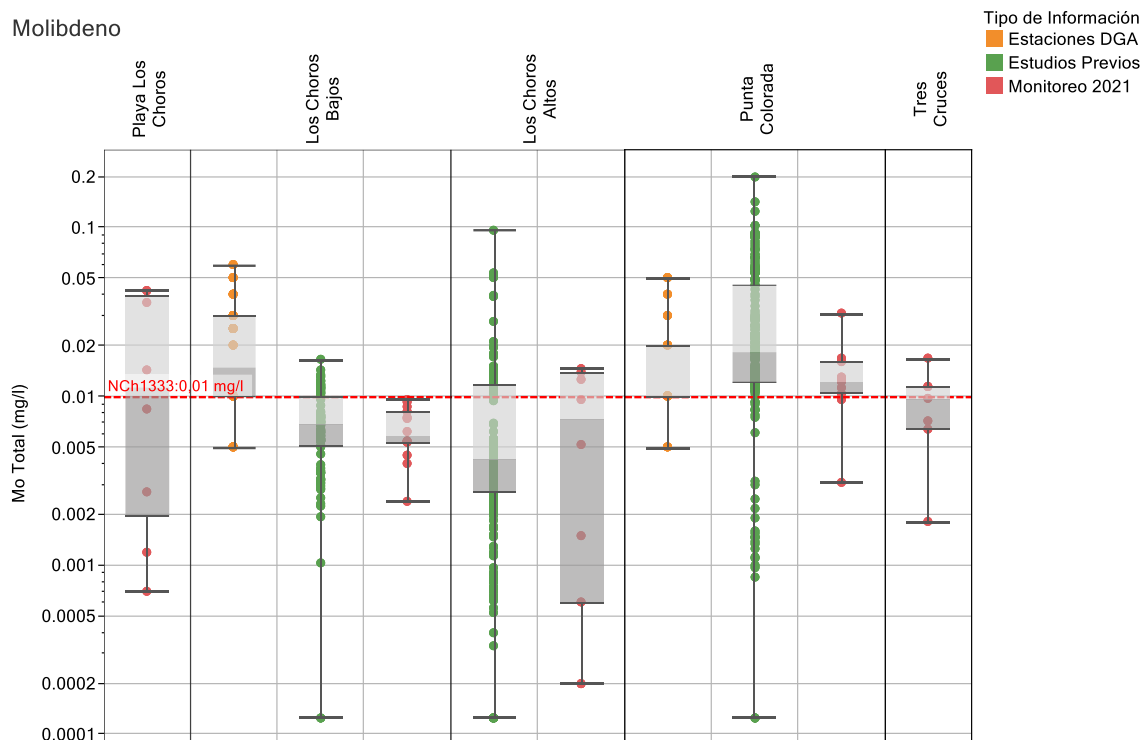


Figura 4-15: Boxplot de molibdeno total (mg/L)

Fuente: Elaboración propia

Hierro

La mayoría de los datos químicos de hierro de las aguas subterráneas se encontraron hierro sobre el límite permisible de las normas de riego NCh 1.333 (5 mg/L) y agua potable NCh 409 (0,3 mg/L; Figura 4-16).

Para el caso del SHAC Playa Los Choros, los pozos Llano Los Choros 2, Camino a Casa Blanca y Pozo 4 Cabañas en Construcción excedieron la norma de agua potable. En el SHAC Choros Bajos, específicamente en el pueblo Los Choros, los pozos ND-0401-1843, Los Choros N°2, ND-0401-2281 y ND-0401-1803 excedieron los valores permitidos con respecto a la norma de agua potable NCh 409.

Cabe destacar que los valores para Fe en los APR Los Choros y Punta de Choros se encontraron dentro de los límites aceptables. Sin embargo, en APR El Trapiche, para el SHAC Los Choros Altos, los valores de Fe sobrepasaron el límite aceptado (0,3 mg/L) con valores de 0,8 mg/L en la campaña 2021.

Adicionalmente en la quebrada Los Choros Altos, los pozos P-17, P-21, P-3, P-23, P-8 excedieron la norma de agua potable a lo largo de la data histórica, al igual que la data de la campaña 2021, de los cuales solo el pozo P-8 no sobrepasa el límite de la norma de riego actualmente (5 mg/L). Dentro de los rangos aceptables para ambas normas solo el pozo Trapiche y El Tofo 3 se encuentran dentro de la norma para agua potable.

En el caso del SHAC Punta Colorada, el monitoreo reciente mostró solo 2 pozos dentro de la norma de agua potable, correspondientes a los pozos APR Incahuasi y Pozo Los Choros N°4 B-2 (concentraciones menores a 0,02 mg/L). Adicionalmente, los pozos PR-6, ND-0401-440 y Punta Colorada se encuentran dentro del límite aceptable de la norma NCh 1.333 (con valores entre 4,7 mg/L y 1,0 mg/L). Los pozos en Quebrada Agua Grande (PR-3A y PR-5A) con los pozos en el río Los Choros (ND-0401-342, ND-0401-638 y ND-0401-481) se encuentran superando los límites de ambas normas actualmente.

Para el SHAC Tres Cruces, en la de quebrada Los Choros los pozos ND-0401-577 y Pozo Encontrado superaron ambas normas con valores de 21,6 y 16,0 mg/L respectivamente, por otro lado, en el sector de Quebrada El Pelicano, el pozo ND-0401-482 (2) supera la norma de agua potable con un valor de 0,6 mg/L de Fe.

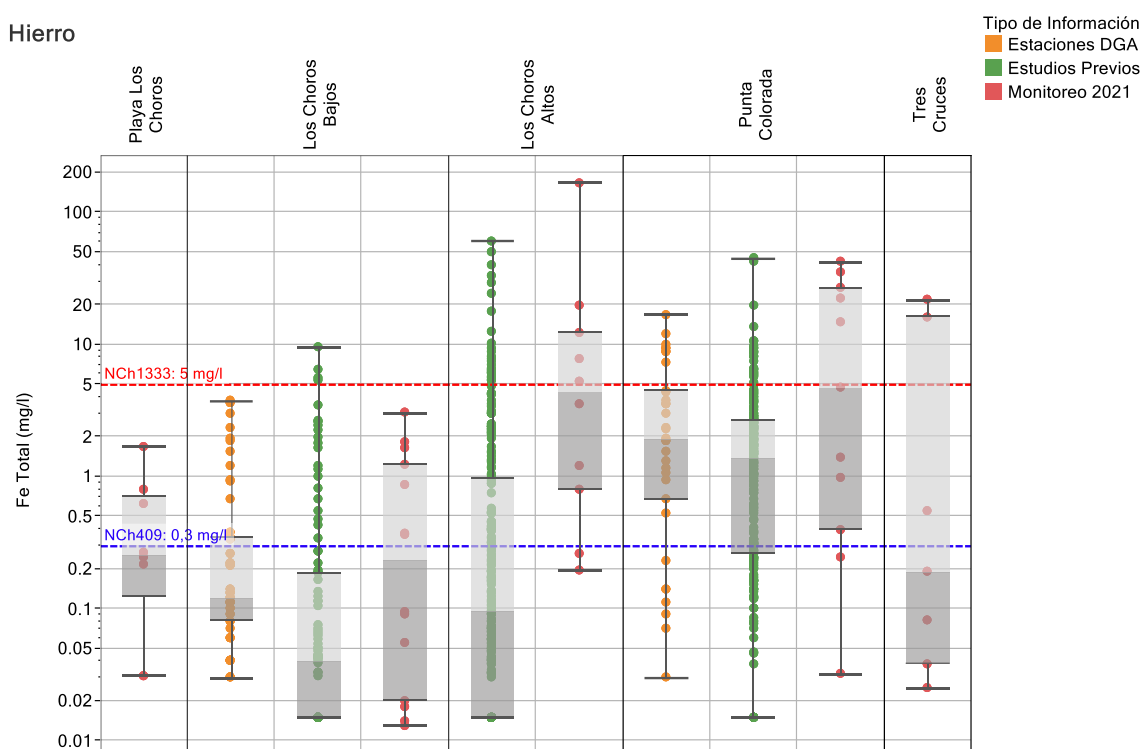


Figura 4-16: Boxplot de hierro total (mg/L)

Fuente: Elaboración propia

Manganeso

Históricamente las concentraciones de Mn han sido especialmente altas en los SHAC Los Choros Altos y Punta Colorada superando ambas normas de agua potable (0,1 mg/L) y riego (0,2 mg/L). La mediana según tipo de información se encontró en un rango de 0,1 mg/L para información de estudios previos hasta 4,4 mg/L para los resultados de la campaña 2021 en SHAC Los Choros Altos (Figura 4-17).

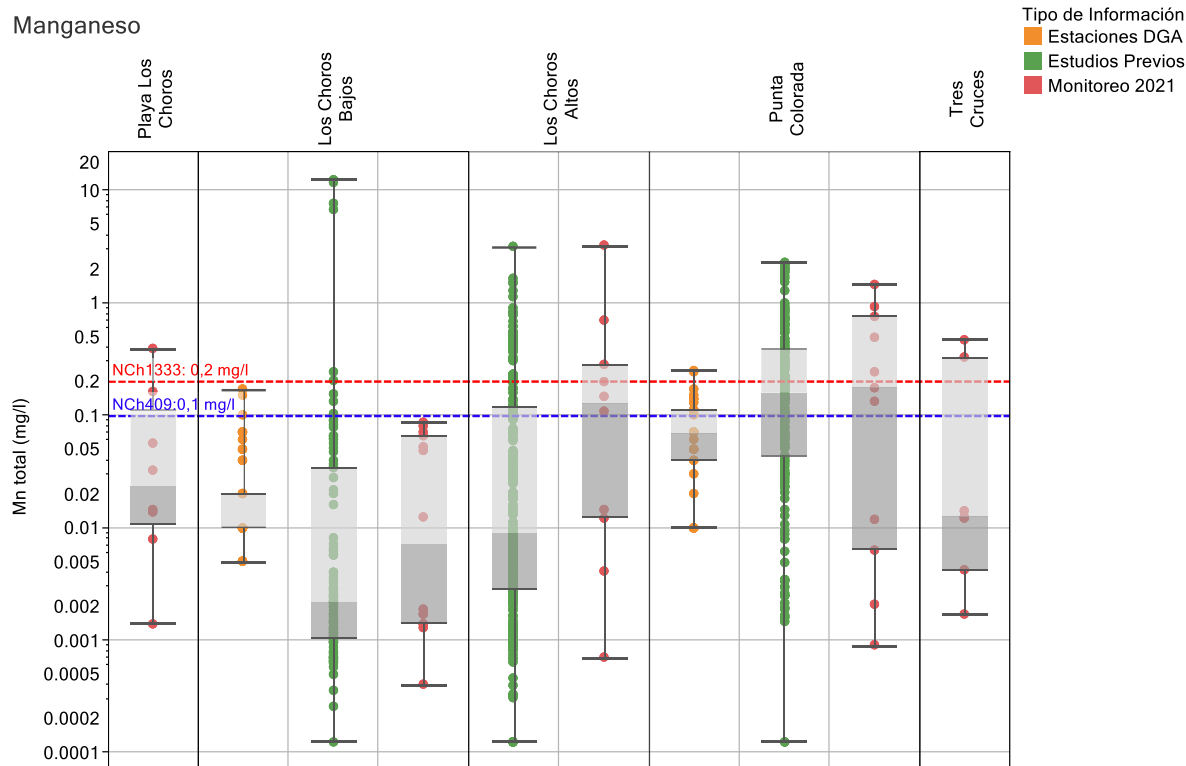


Figura 4-17: Boxplot de manganeso total (mg/L)

Fuente: Elaboración propia

Cromo

La mayoría de las concentraciones de Cr se encontraron por debajo del límite de la norma de agua potable NCh409/05 (0,05 mg/L) y norma de riego NCh1333/78 (0,10 mg/L), a excepción de la información histórica en el SHAC Los Choros Bajos y Los Choros Altos llegando a valores de 0,08 mg/L y 0,82 mg/L respectivamente (Figura 4-18).

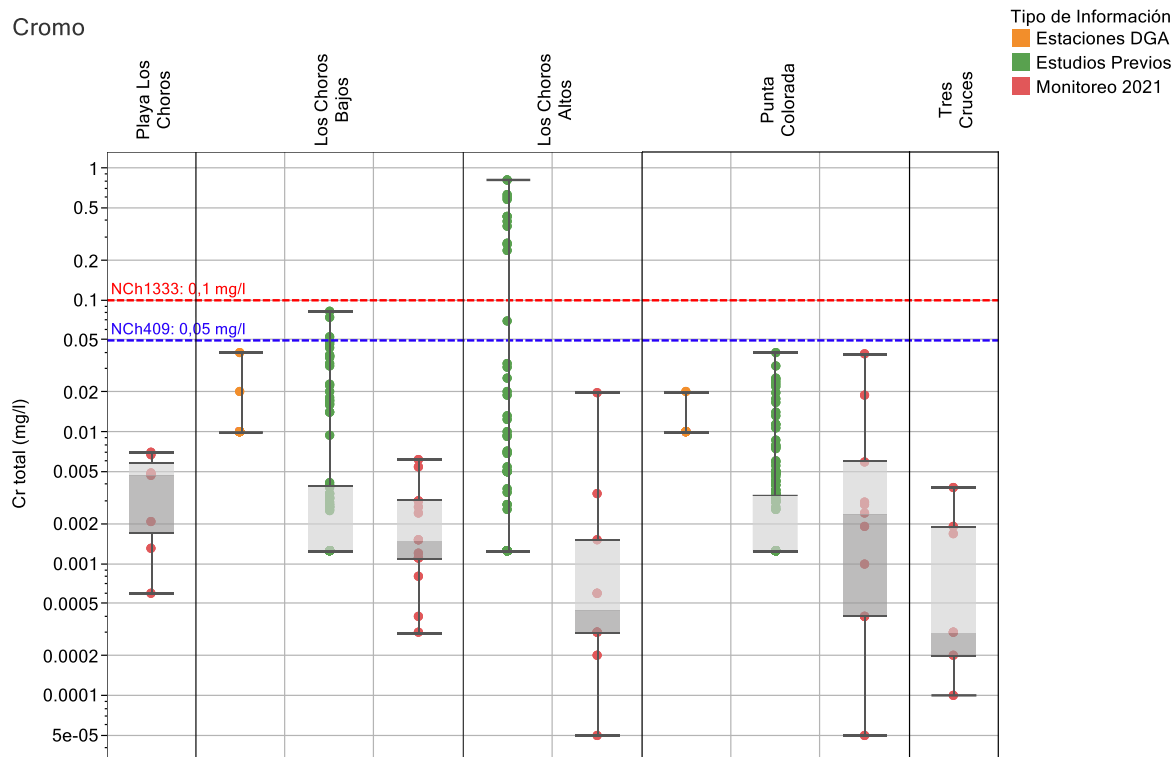


Figura 4-18: Boxplot de cromo total (mg/L)

Fuente: Elaboración propia

Plata y Zinc

Las concentraciones de Ag y Zn (Figura 4-19 y Figura 4-20), tanto en la data histórica como en la información reciente de la campaña 2021, se encontró dentro del rango permisible en las normas NCh409/05 y NCh1333/78. Solo existe un caso puntual en los datos obtenidos durante la campaña de monitoreo 2021 para el río Los Choros, en el pozo PO-2 donde se excede los valores permisibles por la norma de Zn (3 mg/L) con un valor de 3,87 mg/L.

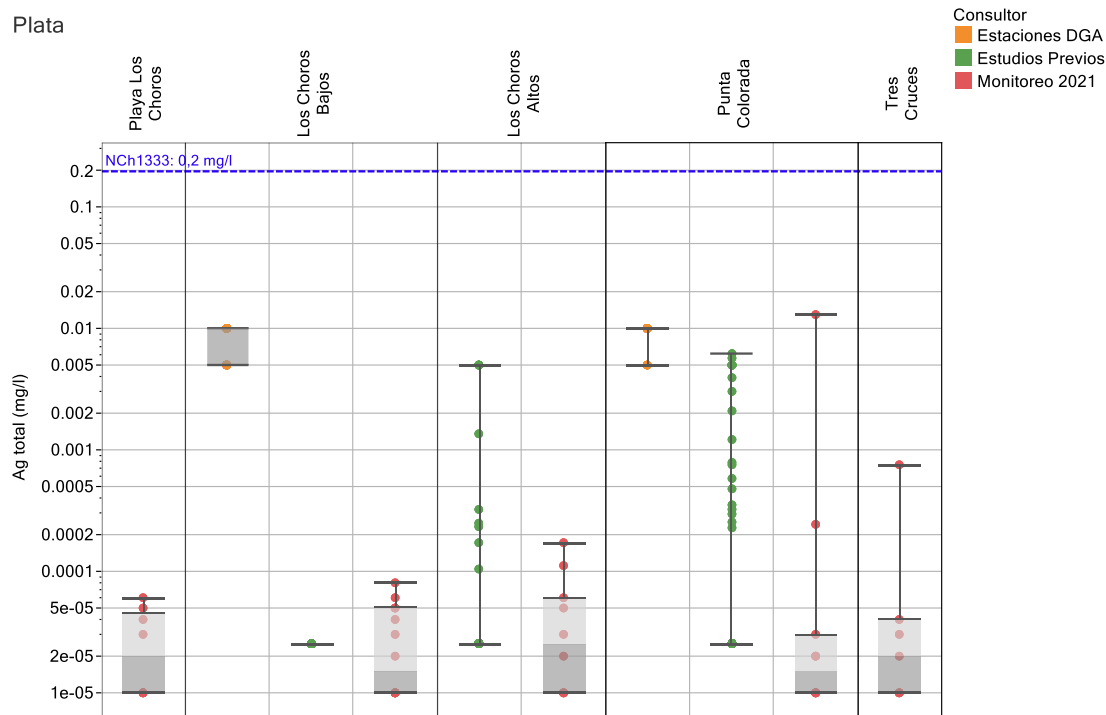


Figura 4-19: Boxplot de plata total (mg/L)

Fuente: Elaboración propia

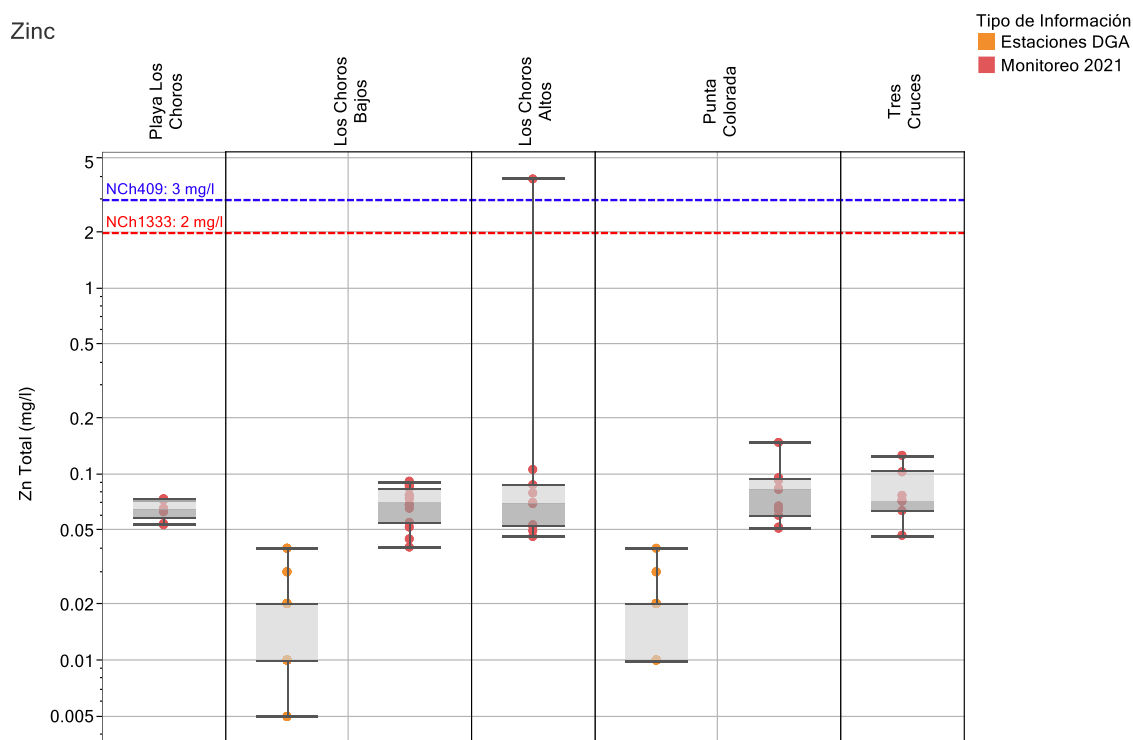


Figura 4-20: Boxplot de zinc total (mg/L)

Fuente: Elaboración propia

Parámetros Inorgánicos

Cloruros y Sulfatos

Los valores de cloruro y sulfato (Figura 4-21 y Figura 4-22) son especialmente altos para los pozos en Playa Los Choros debido a la influencia de agua de mar en la costa hasta Los Choros Bajos, específicamente en el pueblo Los Choros, donde actualmente la mayoría de los pozos exceden la norma NCh1333/78 para cloruros (200 mg/L) y sulfatos (250 mg/L). Actualmente, en el SHAC Los Choros Altos, solo el pozo APR Los Choros se encuentra dentro del límite aceptable para ambas normas según las concentraciones de cloruros con un valor de 188 mg/L.

En el caso del pozo APR Punta de Choros, se encuentra dentro del rango aceptable por las normas para sulfatos NCh 409 (500 mg/L) y NCh 1.333 (250 mg/L) con un valor de 200 mg/L. Sin embargo, la concentración de cloruros, actualmente se encuentra levemente excediendo la norma de riego NCh 1.333 con un valor 228 mg/L. Es importante destacar que la información histórica recopilada, muestra este pozo con datos por sobre ambas normas.

Por otro lado, en Los Choros Altos los pozos P-8, P-17 y P-3 superaron ambas normas para la data histórica (con valores promedio de 398 mg/L, 312 mg/L y 544 mg/L respectivamente) y reciente (454 mg/L, 280 mg/L y 255 mg/L respectivamente). En Punta Colorada, históricamente se ha excedido la norma para cloruro y sulfato, lo que se condice con los datos obtenidos de la campaña de monitoreo 2021, donde muestra valores para los pozos en Quebrada Agua Grande por sobre las normas NCh 409 y NCh 1.333, lo cual podría estar asociado principalmente a la geología del sector constituida por depósitos marinos y evaporíticos, a diferencia de la influencia que tendría el agua de mar en sectores cercanos a la costa (SHAC Playa Los Choros).

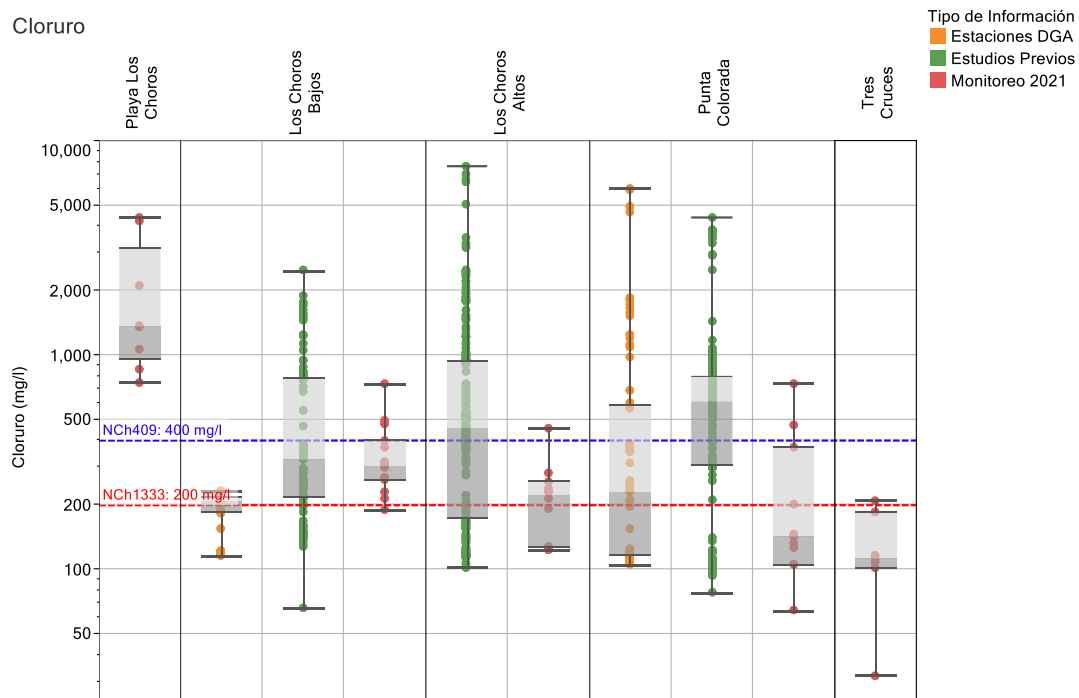


Figura 4-21: Boxplot de cloruro (mg/L)

Fuente: Elaboración propia

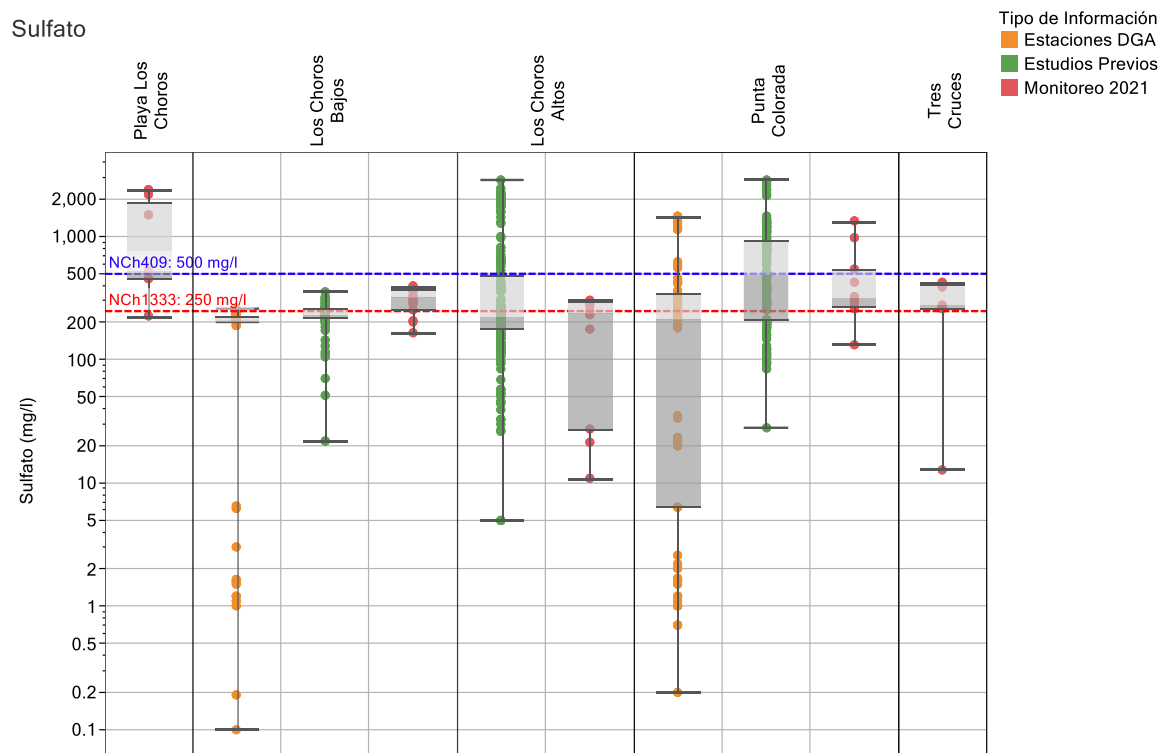


Figura 4-22: Boxplot de sulfato (mg/L)

Fuente: Elaboración propia

Nitrato

Existe poca información histórica respecto a valores de nitratos en aguas subterráneas de la cuenca. Sin embargo, los pozos de la red de monitoreo de calidad de DGA muestran mayor información recopilada, la que presenta valores en el rango aceptable de la norma de calidad NCh 409 (50 mg/L), lo que se verifica en los datos obtenidos en la campaña de monitoreo reciente, donde se observa (Figura 4-23) que todos los SHAC presentan valores dentro de los límites permitidos. De este modo, el SHAC Los Choros bajos presenta una mediana de 10,3 mg/L, Los Choros Bajos 12,65 mg/L, Playa Los Choros 2,15 mg/L, Punta Colorada 20,60 mg/L y Tres Cruces 18,80 mg/L.

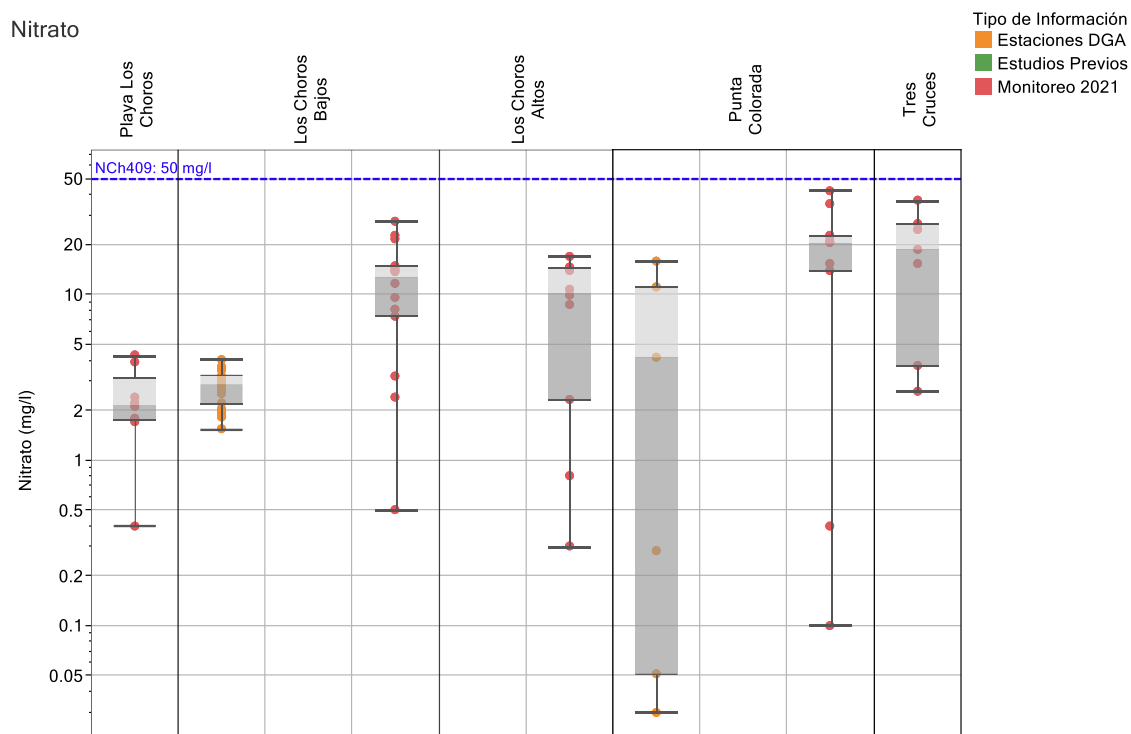


Figura 4-23: Boxplot de nitrato (mg/L)

Fuente: Elaboración propia

Parámetros fisicoquímicos

pH

El pH presenta valores históricos en un rango aceptable en general para las normas de agua potable NCh409/05 (6,5 – 8,5) y de riego NCh1333/78 (5,5 – 9,0). Sin embargo, se observan registros fuera del rango de ambas normas. Tal es el caso para la data histórica del pozo P-16, y la data reciente del P-17 en la quebrada Los Choros Altos, registrando valores ácidos (con valores de 5,36 y 4,90 respectivamente).

Por el contrario, la información actual indicaría presencia de aguas levemente alcalinas (con pH sobre 8,5 y 9,0 para NCh409/05 y NCh1333/78 respectivamente). Esto asociado a los pozos P-8 y ND-0401-577 ubicados en los SHAC Los Choros Altos y Tres Cruces respectivamente, con valores 8,75 y 8,53 de pH.

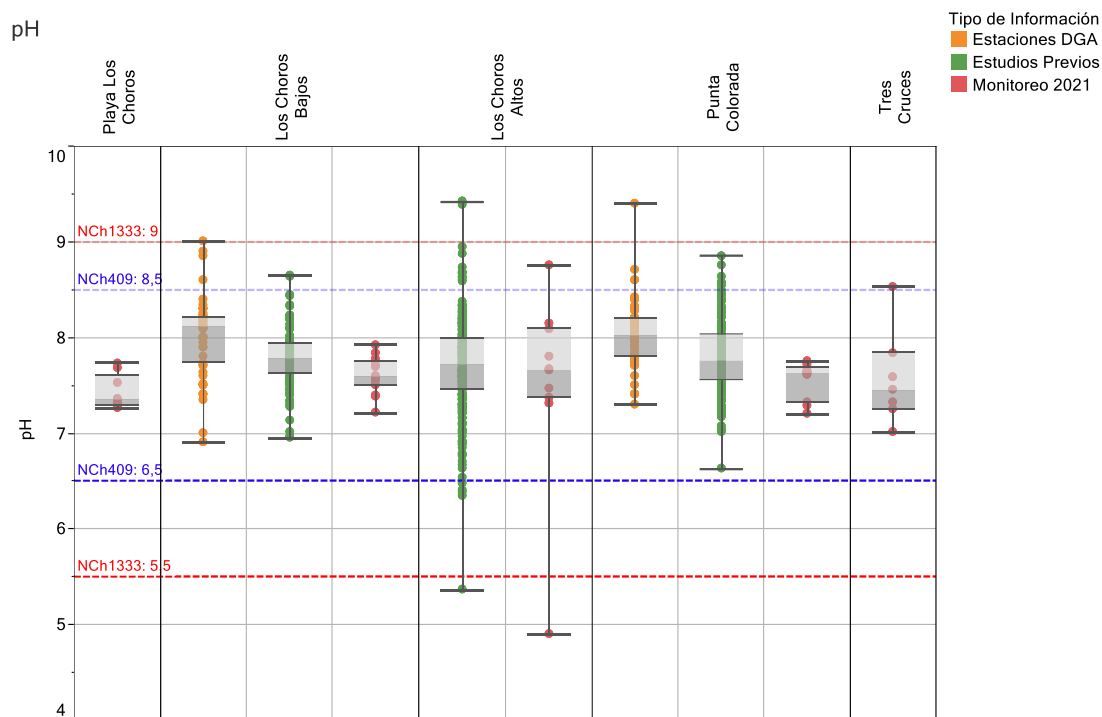


Figura 4-24: Boxplot de pH

Fuente: Elaboración propia

Conductividad Eléctrica y Sólidos Disueltos Totales

Los valores de CE y SDT en su gran mayoría se encuentran por sobre la norma de riego (750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para la conductividad y 500 mg/L para SDT), estando los mayores valores en el SHAC Playa Los Choros seguido de Punta Colorada y Los Choros Bajos.

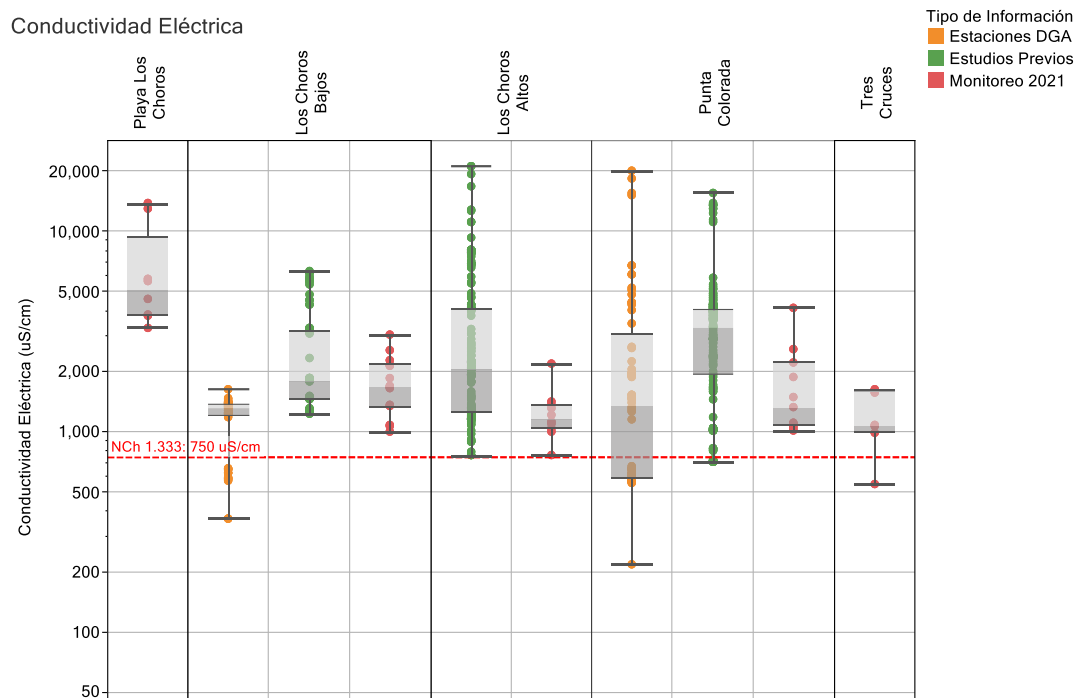


Figura 4-25: Boxplot de CE (µS/cm)

Fuente: Elaboración propia

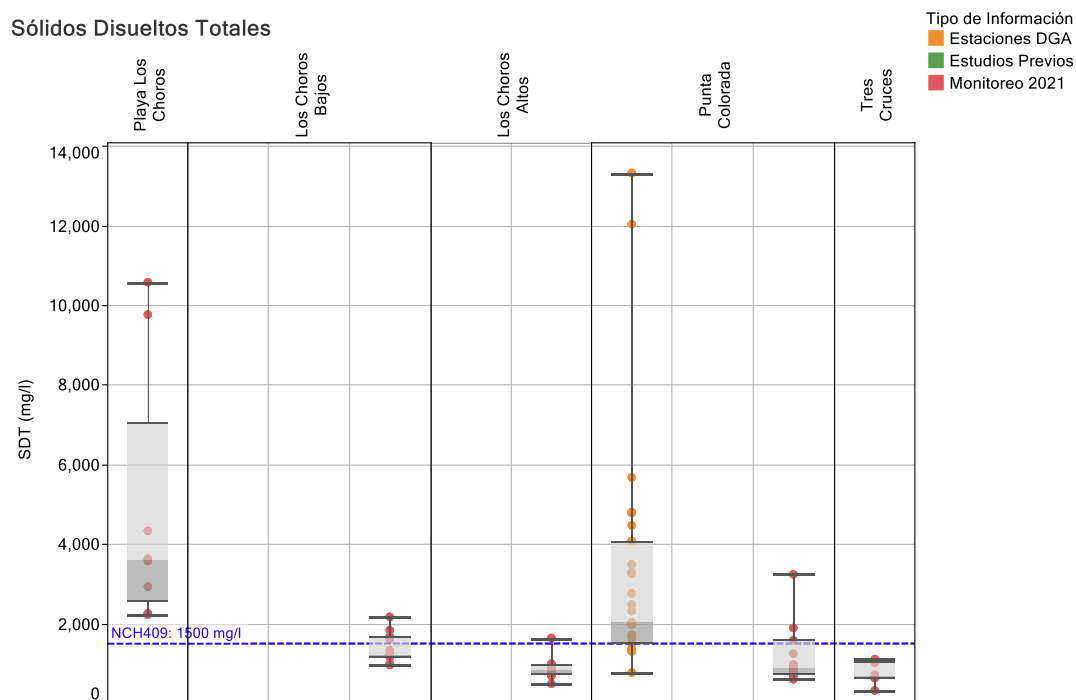


Figura 4-26: Boxplot de SDT (mg/L)

Fuente: Elaboración propia

4.2.3.3 Índice de calidad

El índice de calidad química de las aguas subterráneas se calculó siguiendo la metodología utilizada por DGA (2009). Como se indica en la metodología del Anexo F, sección 3.6.2, el análisis se realizó pozo a pozo. Los principales aspectos considerados en el cálculo del índice de calidad (IC) se presentan a continuación.

Se consideraron los siguientes parámetros como parte del Grupo 1: cloruro, sulfato, calcio, sodio y magnesio. Para el Grupo 2, adicional al nitrato, se seleccionó los parámetros de hierro y manganeso, porque el análisis estadístico mediante diagramas de boxplot muestran que son los parámetros más abundantes con respecto a las normas de agua potable y riego. Además, estos dos últimos parámetros se consideraron representativos de la actividad minera en el sector y corresponden a parámetros que en concentraciones elevadas pueden ser potencialmente perjudiciales para la salud de las personas. En base a esto, se definieron los valores de corte según DGA (2009) para ambos parámetros locales elegidos (Tabla 4-8).

Estas 5 clases de calidad son definidas en base a condiciones cualitativas de la calidad del agua, con respecto a valores límites provenientes de normativas vigentes o recomendaciones sanitarias. Los valores de corte corresponden a:

- Clase excepcional: considera lo recomendado por la OMS para la calidad de agua para consumo humano.
- Clase buena: considera lo recomendado según la NCh 409 de agua potable
- Clase regular: considera las concentraciones máximas de agua para ser utilizada en actividad agrícola considerando la norma de riego NCh 1.333.
- Clase Insuficiente: una concentración máxima de un compuesto o elemento que permita ser tratada y alcanzar la calidad de agua potable, este límite ha sido propuesto por SISS (INN, 2008).
- Clase intratable: Se refiere a aguas que deben ser sometidas a procesos que aseguren una mayor eficiencia, por lo que podrían ser procesos más complejos y costosos.

Tabla 4-8: Definición de clases de calidad de agua con PL1 y PL2

N°	Clase	Cloruro (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Calcio (mg/L)	Sodio (mg/L)	Magnesio (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Hierro (mg/L)	Manganeso (mg/L)
1	Excepcional	<=250	<=250	<=100	<=200	<=100	<=10	<=0,3	<=0,05
2	Buena	<=400	<=500	<=200	<=200	<=125	<=50	<=0,3	<=0,10
3	Regular	<=1064	<=961	<=401	<=920	<=250	<=133	<=5,0	<=0,20
4	Insuficiente	<=1600	<=10000	<=4000	<=6000	<=2500	<=200	<=200	<=40
5	Intratable	>1600	>10000	>4000	>6000	>2500	>200	>200	>40

Fuente: Elaboración propia basada en metodología DGA (2009)

Un resumen de la cantidad de puntos según IC para cada SHAC se muestra en la Tabla 4-9. El detalle se muestra en la Tabla 4-10 y la Figura 4-27 con los índices de calidad

obtenidos por pozo para el monitoreo hidroquímico realizado durante la campaña de monitoreo 2021.

Tabla 4-9: Tabla resumen de IC por SHAC

N°	Clase	Playa Los Choros	Los Choros Bajos	Los Choros Altos	Punta Colorada	Tres Cruces	Total
1	Excepcional	0	0	0	0	0	0
2	Buena	0	5	2	2	4	13
3	Regular	1	7	3	3	1	15
4	Insuficiente	4	0	5	6	2	17
5	Intratable	2	0	0	0	0	2

Fuente: Elaboración propia basada en metodología DGA (2009)

Es importante destacar, que ninguno de los pozos estudiados presentó un IC excepcional dentro de la cuenca. Por otra parte, fue posible observar que solo 2 pozos en la cuenca presentaron un IC intratable, ambos ubicados en el SHAC Playa Los Choros, lo cual se podría explicar por las altas concentraciones de cloruro asociado a los problemas de intrusión salina en la costa.

En el caso del SHAC Los Choros Bajos, el IC por pozos es variable entre buena a regular calidad, predominando un IC general regular. Es importante destacar que en este SHAC está ubicado el pueblo Los Choros, y sus aguas por lo tanto se encuentran en un rango de regular a buena, lo que queda demostrado en los pozos prioritarios de monitoreo, donde los APR Punta de Choros y APR Los Choros clasifican sus aguas como buenas, sin embargo, el pozo de la red de monitoreo DGA Pozo Los Choros N°1 C-3 su IC general clasifica como regular, debido a las altas concentraciones de Fe medidas.

En el caso del SHAC Los Choros Alto, el IC individual por pozo varía de insuficiente a buena calidad, predominando en un 50% los pozos con un IC insuficiente, los que se ubican principalmente en la Quebrada Choros Altos. Esto ocurre debido a las altas concentraciones de Fe y Mn que arrojaron sus pozos, en este caso el APR El Trapiche, correspondiente a uno de los pozos prioritarios de monitoreo, presenta un IC general regular debido a las altas concentraciones de Fe en sus muestras de agua, parámetro que le otorga esta clasificación.

El SHAC de Punta Colorada presentó más de la mitad de los pozos monitoreados con un IC general insuficiente. Esto debido principalmente a las altas concentraciones de Fe y Mn que muestran los pozos monitoreados; y puntualmente altas concentraciones de SO₄. Cabe destacar, que los pozos prioritarios de monitoreo en este SHAC correspondientes al APR Incahuasi y Pozo Los Choros N°4 B-2 mostraron un IC General bueno.

Finalmente, los resultados obtenidos para el monitoreo en el SHAC Tres Cruces mostraron un mayor porcentaje de pozos con un IC bueno en comparación a los otros SHAC, donde más de la mitad de ellos se clasificaron en este rango, seguidos por un 30% de pozos con una calidad insuficiente otorgada por los parámetros de Fe y Mn. Cabe destacar que para este SHAC no se encontró información previa, por lo que no se tienen antecedentes para calcular su IC temporal.

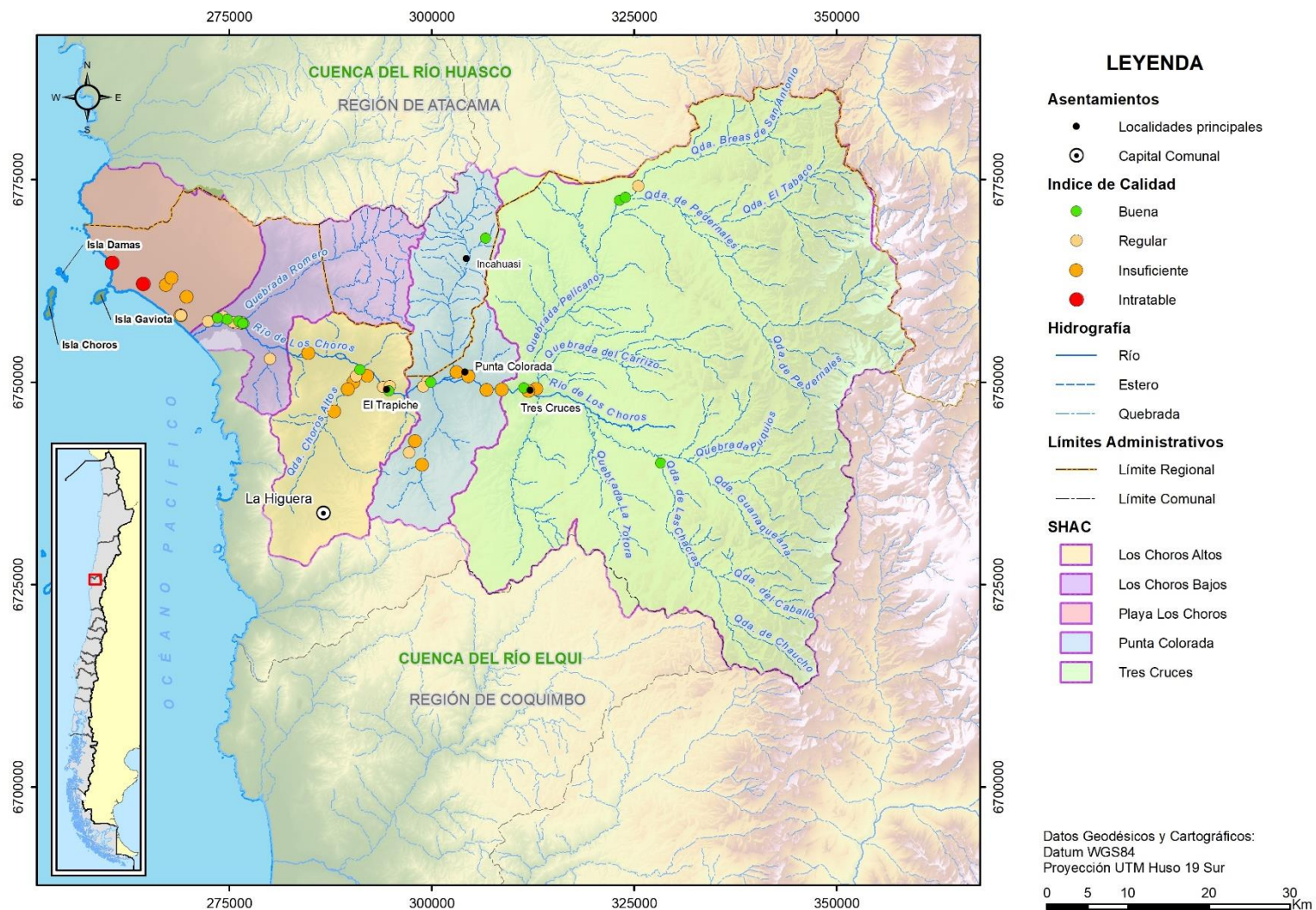


Figura 4-27: Mapa con el Índice de Calidad por pozo para el monitoreo 2021

Fuente: Elaboración propia basada en metodología DGA (2009)

Tabla 4-10: Índice de Calidad por pozo monitoreado en la cuenca río Los Choros (parámetros locales Fe y Mn), año 2021

Estación	SHAC	IC General	Parámetros que determinan el IC
Pozo Llano Los Choros 2	Playa Los Choros	Insuficiente	Mn
Camino a casa blanca	Playa Los Choros	Insuficiente	Cl ⁻
Pozo 4 Cabañas en construcción	Playa Los Choros	Insuficiente	Cl ⁻
Camping El Oasis	Playa Los Choros	Insuficiente	Ca ²⁺ , Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻
Pozo Camino a Pta. De Choros	Playa Los Choros	Intratable	Cl ⁻
LC-13	Playa Los Choros	Intratable	Cl ⁻
Camping El Oasis (2)	Playa Los Choros	Regular	Ca ²⁺ , Cl ⁻ , Na ⁺ , SO ₄ ²⁻
APR-Punta de Choros	Los Choros Bajos	Buena	Ca ²⁺ , Cl ⁻ , NO ₃ ⁻
APR Los Choros	Los Choros Bajos	Buena	Ca ²⁺
ND-0401-1157	Los Choros Bajos	Buena	Ca ²⁺ , Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻
Santa María	Los Choros Bajos	Buena	Ca ²⁺ , Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻
ND-0401-2280	Los Choros Bajos	Buena	Ca ²⁺ , Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻
Pozo Los Choros N°1 C-3	Los Choros Bajos	Regular	Fe
PZB-01	Los Choros Bajos	Regular	Cl ⁻ , Na ⁺ , Fe
Los Choros N°2	Los Choros Bajos	Regular	Fe
ND-0401-1803	Los Choros Bajos	Regular	Fe
LC08	Los Choros Bajos	Regular	Na ⁺ , Fe
Sergio Cuellar	Los Choros Bajos	Regular	Cl ⁻ , Na ⁺
ND-0401-2281	Los Choros Bajos	Regular	Cl ⁻ , Fe
Trapiche	Los Choros Altos	Buena	SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻
Tofo 3	Los Choros Altos	Buena	Ca ⁺ , NO ₃ ⁻
P-21	Los Choros Altos	Insuficiente	Fe
P-17	Los Choros Altos	Insuficiente	Fe, Mn
P-23	Los Choros Altos	Insuficiente	Fe, Mn
P-3	Los Choros Altos	Insuficiente	Fe
PO-2	Los Choros Altos	Insuficiente	Fe, Mn
APR El Trapiche	Los Choros Altos	Regular	Fe
P-8	Los Choros Altos	Regular	Cl ⁻ , Fe, Mn
1	Los Choros Altos	Regular	Fe
APR Incahuasi	Punta Colorada	Buena	Ca ⁺ , SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻
Los Choros N°4 B-2	Punta Colorada	Buena	Ca ⁺ , SO ₄ , NO ₃ ⁻
PR-5A	Punta Colorada	Insuficiente	Fe, Mn
ND-0401-342	Punta Colorada	Insuficiente	Fe
Punta Colorada	Punta Colorada	Insuficiente	SO ₄ ²⁻ , Mn
ND-0401-481	Punta Colorada	Insuficiente	Fe, Mn
PR-3A	Punta Colorada	Insuficiente	Fe, Mn
ND-0401-638	Punta Colorada	Insuficiente	Fe, Mn
PR-6	Punta Colorada	Regular	Na ⁺ , Fe, Mn

Estación	SHAC	IC General	Parámetros que determinan el IC
ND-0401-440	Punta Colorada	Regular	Fe
ND-0401-2128	Punta Colorada	Regular	Fe
Pozo Observatorio La Silla	Tres Cruces	Buena	SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻
ND-0401-482 (1)	Tres Cruces	Buena	Ca ⁺ , SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻
ND-0401-1423	Tres Cruces	Buena	Ca ⁺ , SO ₄ ²⁻
Pozo Perforado Tres Cruces	Tres Cruces	Buena	SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻
ND-0401-577	Tres Cruces	Insuficiente	Fe, Mn
Pozo encontrado	Tres Cruces	Insuficiente	Fe, Mn
ND-0401-482 (2)	Tres Cruces	Regular	Fe

Fuente: Elaboración propia basada en metodología DGA (2009)

4.2.3.4 Fuentes de contaminación

Los resultados de calidad de agua para la cuenca del río Los Choros presentan una variabilidad importante, con altas concentraciones de elementos metálicos (Fe y Mn), parámetros como SO₄²⁻, Cl⁻, CE, SDT y en algunos casos pH, por sobre las normas de agua potable y riego.

Estas altas concentraciones en elementos metálicos se muestran en los SHAC Punta Colorada y Los Choros Bajos principalmente. Por otra parte, parámetros como SO₄²⁻ se encuentran en altas concentraciones, superando las normas de agua potable y riego en los SHAC de Punta Colorada y Playa Los Choros. En el caso de Cl⁻ es posible distinguir altas concentraciones en pozos cercanos a la línea de costa, principalmente en el SHAC Playa Los Choros y Los Choros Bajos, específicamente en los pozos PZB-01, ND-0401-2281 y Sergio Cuellar, clasificando como aguas cloruradas sódicas-cálcicas.

Adicionalmente, de los 47 pozos subterráneos monitoreados, 17 pozos de la cuenca tienen un IC Insuficiente y 15 un IC Regular, sumando un 68% del total de pozos monitoreados, los que principalmente se ubican en los SHAC Los Choros Altos y Punta Colorada siendo los metales de Fe y Mn los principales parámetros que le otorgan dicha clase.

A continuación, se analizan los parámetros críticos más representativos de la cuenca en relación con la posible fuente que justifica su presencia:

- **Fe y Mn:** se constatan abundantes pozos con niveles elevados de Fe y Mn, los cuales pueden estar relacionados con una condición natural geológica de la cuenca, sumado a la aridez que favorece la evaporación y concentración de elementos disueltos. Sin embargo, el sector se caracteriza por la Franja Metalogénica del Cretácico Inferior, en particular, la franja ferrífera chilena dominada por el Sistema de Falla de Atacama. En esta franja se encuentran yacimientos del tipo magnetita-apatito entre los que destaca Distrito Pleito-Melón con la mina Pleito en el sector norte del SHAC Punta Colorada y Distrito Los Cristales en el límite con la comuna de Vallenar. En ese sentido, la magnetita

constituye una fuente natural importante de Fe. Por otro lado, los depósitos de material de descarte procedentes de esta minería metálica constituyen fuentes antropogénicas potenciales de contaminación de las aguas superficiales aportando altas concentraciones de Fe, principalmente cuando ocurren precipitaciones (DGA, 2004). En cuanto al Mn, su aparición se debe a la lixiviación de las rocas volcánico-sedimentarias constitutivas de la litología de la alta cordillera y a las actividades de la minería metálica presente en la cuenca. (Consultar sección 1.2.2 de Anexo E.1, para más información de antecedentes de pasivos ambientales)

- **SO₄²⁻:** Existen altos valores de sulfatos en toda la cuenca principalmente en los SHAC Playa Los Choros y Punta Colorada. Hacia la cabecera de la cuenca esto se debe a la actividad minera metálica y no metálica presente en el sector (DGA, 2004), correspondiente principalmente al procesamiento de sulfuros de Cu. Específicamente en el SHAC Punta Colorada se debe principalmente a la gran actividad minera metálica de Cu-Au, y de baritina de la mina Antemi, junto con la gran cantidad de depósitos de relave presentes en el sector de El Trapiche (20 tranques de relave según SERNAGEOMIN), donde abundan depósitos de relaves inactivos de Cu-Au, destacando la faena Tesoro con la extracción de sulfuros de Cu.

Por otro lado, para la parte baja de la cuenca las altas concentraciones de sulfato se deben, por una parte, a la influencia marítima notable en el SHAC Playa Los Choros y en el caso de Los Choros Bajos a la disolución de sedimentos de origen marino presentes en la geología del sector, donde afloran una serie de rocas sedimentarias y volcánico-sedimentarias, de origen continental y marino, las cuales presentan niveles de yeso, rocas evaporitas y calizas. El contacto de las aguas con este tipo de depósitos podría ser las que controlan la química, junto con otros procesos geoquímicos, tales como intercambio iónico y mayores tiempos de residencia en contacto agua-roca.

- **Cl⁻ y CE:** Las causas del aumento de los cloruros y la conductividad específica en la parte baja de la cuenca se debe al fenómeno de intrusión salina presente en el sector costero. Aguas arriba, el aumento en la conductividad se debe a las características de la cuenca, principalmente a sus terrenos áridos, con escasas precipitaciones y alta radiación solar. Adicionalmente, este aumento se relaciona con las distintas formaciones geológicas sedimentarias presentes en el área. Estas formaciones presentan compuestos que fácilmente se disocian en iones en el agua, especialmente en aguas subterráneas; más aún, considerando que no existe aporte de aguas superficiales en la cuenca.

Es importante destacar que en la cuenca del río Los Choros no se cuenta con la Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la protección de las aguas superficiales y subterráneas de la cuenca. De esta forma, se plantea iniciar el proceso de elaboración de dicha normativa, en la que podrían participar organizaciones e instituciones públicas y privadas con competencia ambiental ligados al agua, y así incrementar el control y la protección de las aguas continentales en la cuenca.

4.2.4 Derechos concedidos

De acuerdo con la información provista por la planilla de Derechos de Aprovechamiento de Aguas entregados por DGA, para la Cuenca del río Los Choros se contabilizan 212 expedientes asociados a Derechos de Aprovechamiento cuya naturaleza es de tipo subterránea, asociados a un caudal extractivo total de 3.605 [l/s]. Para este cálculo no se consideran solicitudes rechazadas o pendientes de aprobación.

En la Tabla 4-11 se realiza una comparación, a nivel de SHAC, de los derechos susceptibles de ser constituidos según el estudio DGA (2005). Se puede ver que, a la fecha de obtención de la información de derechos facilitada por la DGA (agosto de 2021), el monto máximo indicado el año 2005 es superado en 45 l/s a nivel global.

A nivel de SHAC, se reconoce que los ubicados en la parte superior de la cuenca (Choros Altos, Punta Colorada y Tres Cruces) se encuentran sobreotorgados respecto de lo establecido (marcados en rojo en la Tabla 4-11).

El resultado anterior muestra que los derechos otorgados se encuentran sobre el escenario de explotación máxima sustentable, definido por DGA en el estudio señalado. Las condiciones que soportan el escenario son las siguientes (DGA, 2005):

- Que los caudales de bombeo impuestos fueran factibles de explotar
- Que los niveles se estabilizaran en el tiempo, sin alcanzar el límite de profundidad máxima aceptable
- Que la explotación de sectores aguas arriba no afectaran derechos ya otorgados aguas abajo

En función a la demanda actual estimada en la Tabla 3-12, y a los derechos otorgados a la fecha, existe una subutilización del recurso, con una demanda total estimada de 201 l/s, correspondiente a un 6% del total de derechos otorgados a la fecha (3.605 l/s).

Tabla 4-11: Derechos de Aprovechamiento de aguas Subterráneas (DAA). Comparación entre DAA susceptibles de otorgarse versus DAA actualmente otorgados

SHAC	Derechos susceptibles de constituirse (l/s)	Derechos otorgados 2021 (l/s) *
Playa Los Choros	500	61
Los Choros Bajos	200	108
Qda Choros Altos	1.160	1.169
Punta Colorada	700	941
Tres Cruces	1.000	1.327
Total	3.560	3.605

Fuente: Elaboración propia basada en base de datos DGA y DGA (2005)

*En la base de datos DGA, existen 235 l/s de derechos otorgados sin una coordenada o referencia que permitiese asociarlo con algún SHAC. Por ende, esos 235 l/s se distribuyen proporcionales a los derechos que si pudieron ser identificados por cada SHAC. El detalle de los DAA por SHAC con referencia geográfica, se encuentra en la Tabla 4-13.

Para contextualizar la distribución de los Derechos de Aprovechamiento, tanto por cantidad de expedientes, como por caudal asociado, se muestran en la Figura 4-28 y Figura 4-29, respectivamente. Lo anterior también se expone de manera resumida en la Tabla 4-12. Por otro lado, la evolución del caudal otorgado a lo largo del tiempo se describe en la Figura 4-30. Cabe destacar que una gran cantidad de expedientes no especifica el uso final del agua extraída.

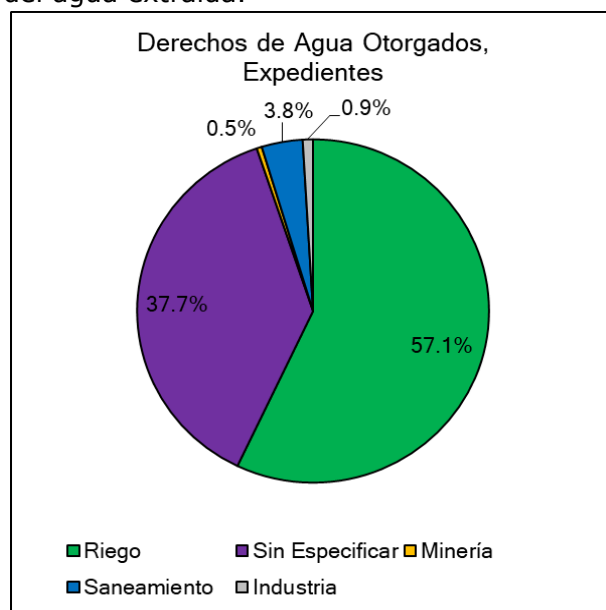


Figura 4-28. Distribución de Derechos de Aprovechamiento de Aguas por cantidad de expedientes y uso.

Fuente: Elaboración propia basada en base de datos DGA

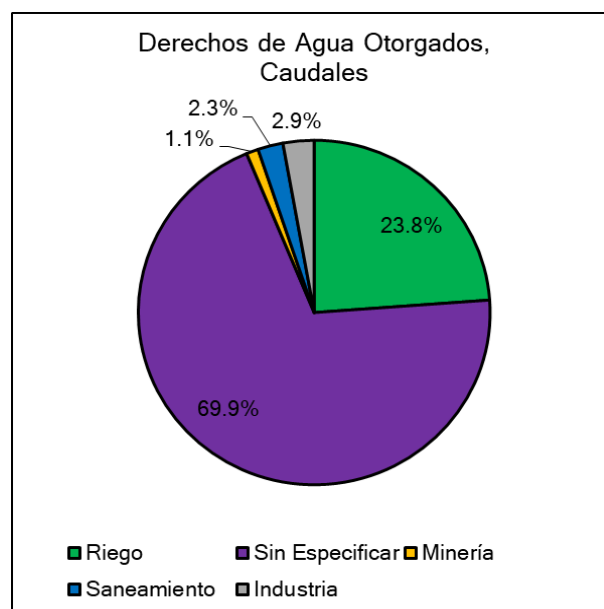


Figura 4-29. Distribución de Derechos de Aprovechamiento de Aguas por caudales otorgados y uso.

Fuente: Elaboración propia basada en base de datos DGA

Tabla 4-12: Desglose de Derechos de Aprovechamiento de aguas Subterráneas

		Uso				
		Riego	Sin Especificar	Minería	Saneamiento	Industria
Expedientes	Cantidad	121	80	1	8	2
	Porcentaje del total	57,1%	37,7%	0,5%	3,8%	0,9%
Caudales	Subtotal [l/s]	859,58	2.519,07	40	83,45	103
	Porcentaje del total	23,8%	69,9%	1,1%	2,3%	2,9%

Fuente: Elaboración propia basado en base de datos DGA

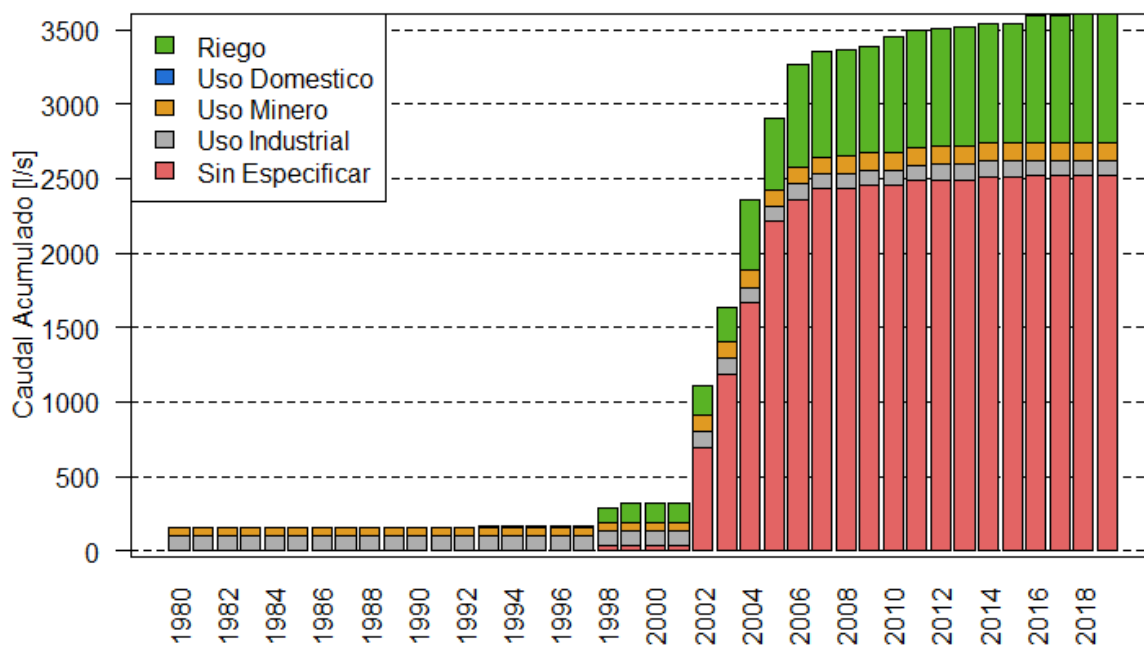


Figura 4-30. Evolución del caudal otorgado a Derechos de Aprovechamiento de Aguas Subterráneas.

Fuente: Elaboración propia basada en base de datos DGA

Tabla 4-13: Desglose de Derechos de Aguas Subterráneas por SHAC, con referencia geográfica

		SHAC				
		Tres Cruces	Punta Colorada	Los Choros Altos	Los Choros Bajos	Playa Los Choros
Expedientes	Cantidad	72	24	45	43	14
	Porcentaje del total	36,4%	12,1%	22,7%	21,7%	7,1%
Caudales	Subtotal [l/s]	1.240,3	879.1	1.092,5	100,6	57,1
	Porcentaje del total	36,8%	26,1%	32,4%	2,9%	1,8%

Fuente: Elaboración propia basado en base de datos DGA

CAPÍTULO 5 BALANCE DE AGUA

Para el desarrollo del presente estudio, se han desarrollado de manera independiente modelos de simulación de flujos superficiales y subterráneos que posteriormente han sido integrados, siendo sus principales resultados los presentados a continuación. El objetivo de estos modelos es realizar el diagnóstico del estado hídrico de la cuenca y establecer las brechas hídricas existentes y proyectadas. La descripción detallada de los modelos es posible consultarla en el Anexo H. En aquel anexo se muestra el desarrollo de los modelos subterráneo y superficial, y la construcción del modelo integrado (capítulos 2, 6 y 7, respectivamente). Así también, se presentan los resultados del modelo integrado calibrado a 2020.

A continuación, se presenta un resumen de los resultados asociados a las simulaciones predictivas del modelo integrado, cuyo objetivo es identificar las brechas proyectadas en cuanto al uso del recurso hídrico, como también asociadas a la sustentabilidad de los acuíferos modelados. Se evalúan escenarios que involucren gestión del recurso, y su impacto en las variables relevantes del sistema. Finalmente se entregan comentarios propios de la modelación, y estimación de limitaciones identificadas en el desarrollo de los modelos.

5.1 MODELO DE SIMULACIÓN

5.1.1 Situación actual

5.1.1.1 Construcción del Modelo Superficial

En el Capítulo 2 del Anexo H se presenta la descripción de la construcción y ajuste del modelo superficial WEAP de la cuenca del Río Los Choros, utilizado como base en la elaboración del modelo integrado del presente estudio (enero 1990 – diciembre 2020). Los acuíferos definidos en el modelo WEAP corresponden a los siguientes:

- AC-01: Tres Cruces
- AC-02: Punta Colorada
- AC-03: La Higuera (Choros Altos)
- AC-04: El Trapiche (Choros Altos)
- AC-05: Choros Bajos
- AC-06: Playa Los Choros

5.1.1.2 Construcción del Modelo Subterráneo

En el Capítulo 6 del Anexo H se presenta el detalle de la construcción del modelo subterráneo GWV – MODFLOW del acuífero de la cuenca del Río Los Choros, utilizado como base en la elaboración del modelo integrado del presente estudio (enero 1990 – diciembre 2020).

5.1.1.3 Calibración y Resultados del modelo integrado Superficial-Subterráneo

En el Capítulo 7 del Anexo H se presenta el detalle de la integración del modelo superficial con el modelo subterráneo GWV – MODFLOW del acuífero de la cuenca del Río Los Choros, para su posterior calibración subterránea (enero 1990 – diciembre 2020).

En lo que respecta al sistema subterráneo de la cuenca, en la Tabla 5-1 se presentan los resultados del balance hídrico general promedio para el periodo 1990-2020. Las entradas al sistema están definidas por la recarga directa, recargas laterales y el aporte desde el almacenamiento. La recarga total (directa y lateral) para el periodo 1990-2020 es de 134 l/s, que se encuentra en el orden de magnitud de recargas estimadas en estudios anteriores (por ej. Andes Iron (2013), que indica 169 l/s para el periodo 2005-2012).

Por otra parte, las salidas del sistema subterráneo corresponden a las extracciones por pozos de bombeo, demanda ambiental del borde costero, descarga al mar y demanda del humedal. En el caso especial del almacenamiento del sistema subterráneo, este actúa como un gran reservorio que compensa las diferencias entre las entradas y las salidas de flujo subterráneo; por lo que es capaz de aportar agua desde el volumen almacenado (vaciamiento del volumen almacenado) cuando las salidas de flujo subterráneo (o demandas) son superiores las entradas (oferta), lo que implica un “Delta Almacenamiento positivo”. En el caso contrario, cuando la magnitud de las entradas es superior a las salidas, el volumen almacenado recibe el flujo remanente (recarga del volumen almacenado) y se habla de un “delta almacenamiento negativo” pues hay una salida de flujo subterráneo sobrante hacia el volumen almacenado.

Tabla 5-1: Balance hídrico general del modelo

Entradas	Valor (l/s)
Recarga directa	105,7
Recarga lateral	28,4
Delta Almacenamiento (+)	57,2
Salidas	Valor (l/s)
Extracciones por pozos de bombeo	126,7
Demanda ambiental y descarga al mar	64,7
Total entradas	191,3
Total salidas	191,4
Error	0,0%

Fuente: Elaboración propia

De manera de tener una visión integral de las componentes que forman el balance hídrico subterráneo, en la Figura 5-1 se presentan las series de dichas variables en función del tiempo para el periodo de modelación a nivel de cuenca. También de la Figura 5-1 se desprende que en las últimas décadas la recarga del sistema se ha visto disminuida de forma general en todo el acuífero. Por otra parte, las extracciones han ido en aumento progresivo desde el año 2002 hasta la actualidad (línea verde de la Figura 5-1). En relación con las descargas de agua hacia el mar en todo el borde costero, se tiene una disminución sostenida a lo largo de los años, lo cual es consistente con el aumento en

extracciones, dejando menos recursos hídricos disponibles. En el comienzo de la simulación (enero 1990) se tiene un flujo de demanda ambiental y descarga hacia al mar de aproximadamente 77 l/s y al final del periodo (diciembre 2020) se llega con una demanda ambiental y descarga de 44 l/s.

En línea con lo anterior, el almacenamiento tiene un rol importante en el balance hídrico subterráneo, debido a que en épocas secas o de menor recarga, se entrega agua al sistema para satisfacer la demanda. Es decir, ocurre un vaciamiento del volumen almacenado en el acuífero. Caso contrario ocurre en épocas húmedas o de mayor recarga, donde se presentan mayores *peaks* (oferta supera a la demanda) y, por lo tanto, el volumen almacenado del acuífero es recargado.

En cuanto a la salida del sistema representada por la demanda del humedal (línea amarilla de la Figura 5-1) se observa que también se ve disminuido a lo largo del tiempo, partiendo con una demanda de 11,5 l/s y llegando al final del periodo con una demanda de 7 l/s.

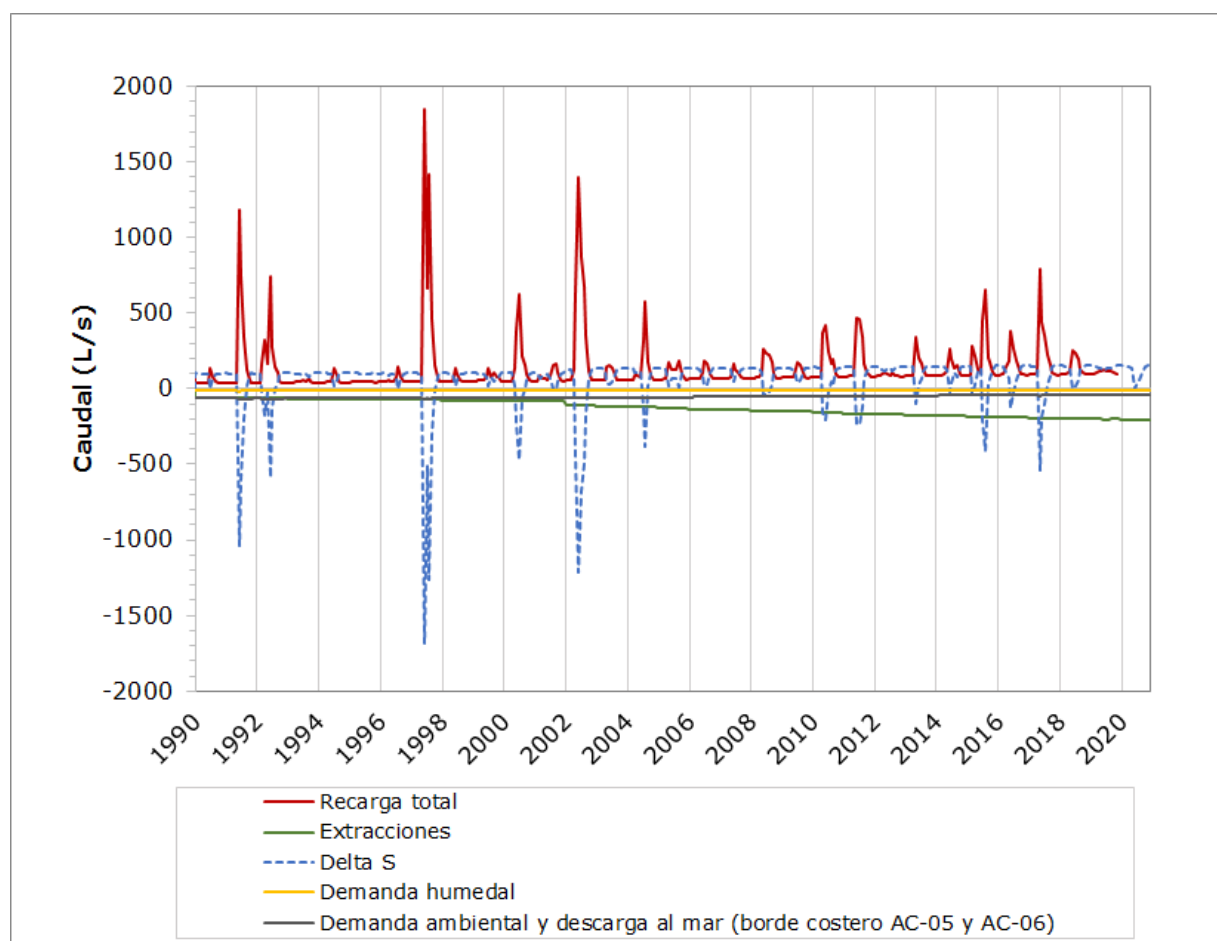


Figura 5-1: Balance hídrico general del modelo, periodo 1990-2020

Fuente: Elaboración propia

El modelo muestra una adecuada convergencia numérica, donde el error de balance es inferior al 1% (ver Figura 5-2), cumpliendo con el criterio de error máximo (<1%) expuesto en la Guía para el uso de modelos de aguas subterráneas en el SEIA (SEA, 2012). Lo anterior indicaría una estabilidad en la convergencia del modelo numérico y, por lo tanto, representa adecuadamente el balance hídrico subterráneo.

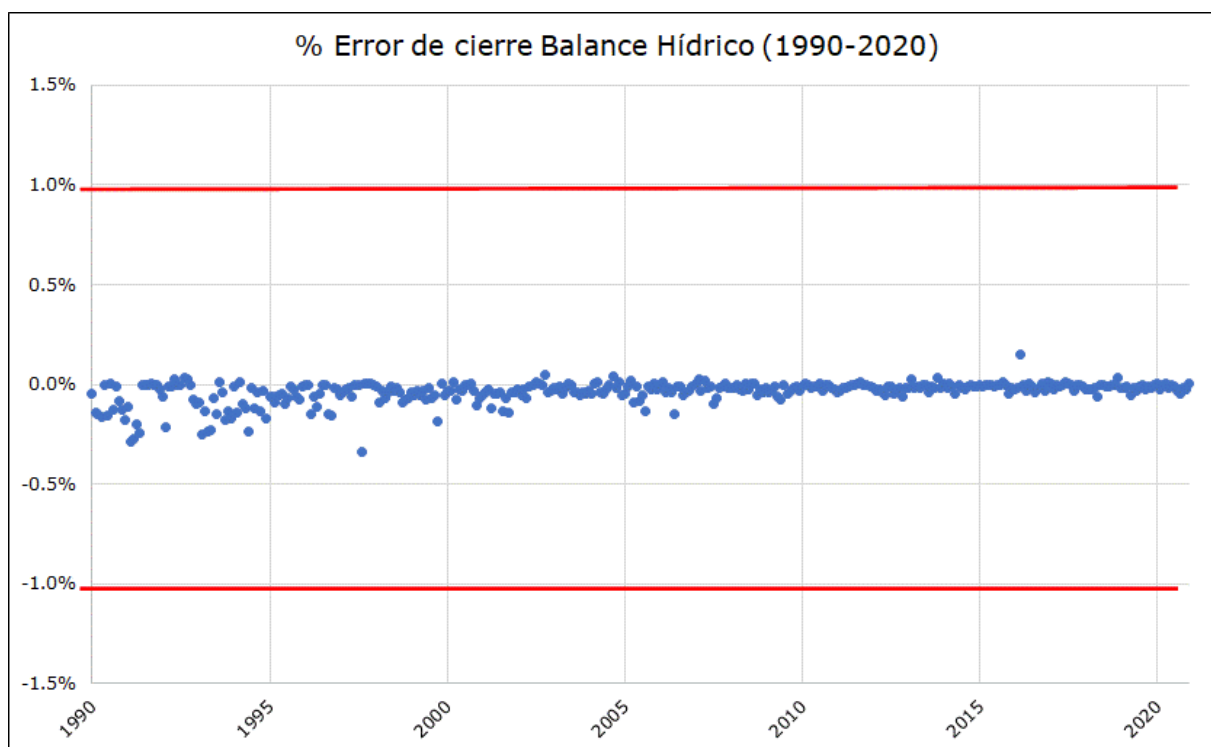


Figura 5-2: Error de cierre del balance hídrico general del modelo, periodo 1990-2020

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, en la Tabla 5-2 se presentan los balances hídricos subterráneos para los sectores de la cuenca en el periodo de modelación 1990-2020, mientras que se presenta un esquema para facilitar la visualización de estos flujos en la cuenca en el esquema de la Figura 5-3.

En la tabla se puede observar que los mayores aportes en recarga vienen dados en el sector acuífero 5, con un 50,2% (67,3 l/s) del total de recarga superficial al balance hídrico. De esta recarga, la más predominante e importante en el sector acuífero es recarga de tipo riego, la cual representa un 78% (53,7 l/s) de la recarga total del SHAC. Por otra parte, el acuífero que presentan el menor ingreso por parte de las recargas superficiales son los AC-03, AC-04 y AC-06, con un 6%, 6% y 4,6% del total de recarga, respectivamente.

En relación con las salidas del balance hídrico subterráneo, se observa que el sector que tiene mayor intervención promedio producto de las extracciones de flujo por bombeo

corresponde al sector AC-05, producto de la explotación de la zona para uso tipo riego, con un 66,3% (84,2 l/s) del total de bombeos en todo acuífero, seguido del sector AC-02 con un 16,3% (20,8 l/s) del total. Finalmente, se destacan los valores del Delta Almacenamiento, el cual tiene una variación positiva en promedio en el periodo 1990-2020 para todos los SHAC, es decir, existe una entrada al flujo subterráneo desde el almacenamiento (vaciamiento volumen almacenado) lo cual es consistente con el aumento de extracciones y disminución de recargas en el tiempo (ver Figura 5-1).

Tabla 5-2: Balance hídrico subterráneo por sector– periodo 1990-2020

Flujos (l/s)	AC-01	AC-02	AC-03	AC-04	AC-05	AC-06
Entradas	Valor (l/s)					
Recarga directa	8,5	10,8	7,9	7,0	65,4	6,2
Recarga lateral	22,3	3,2	0,0	0,9	2,0	0,0
Flujo pasante	0,0	29,4	0,0	48,6	53,8	11,3
Delta Almacenamiento (+)	1,9	15,2	2,8	11,3	18,6	7,6
Total entradas*	32,8	58,6	10,7	67,7	139,7	25,1
Salidas	Valor (l/s)					
Extracciones por pozos de bombeo	3,4	20,8	0,0	14,0	84,3	4,6
Demanda ambiental y descarga al mar	0,0	0,0	0,0	0,0	44,1	20,5
Flujo pasante	29,4	37,8	10,7	53,8	11,3	0,0
Delta Almacenamiento (-)	-	-	-	-	-	-
Total salidas*	32,8	58,6	10,7	67,8	139,7	25,1
Error	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Fuente: Elaboración propia

*Nota: El total de entradas y salidas de flujos considera flujos pasantes internos entre sectores acuíferos que no se ven reflejados en el balance general a nivel de acuífero, por lo que los valores totales no son comparables y equivalentes.

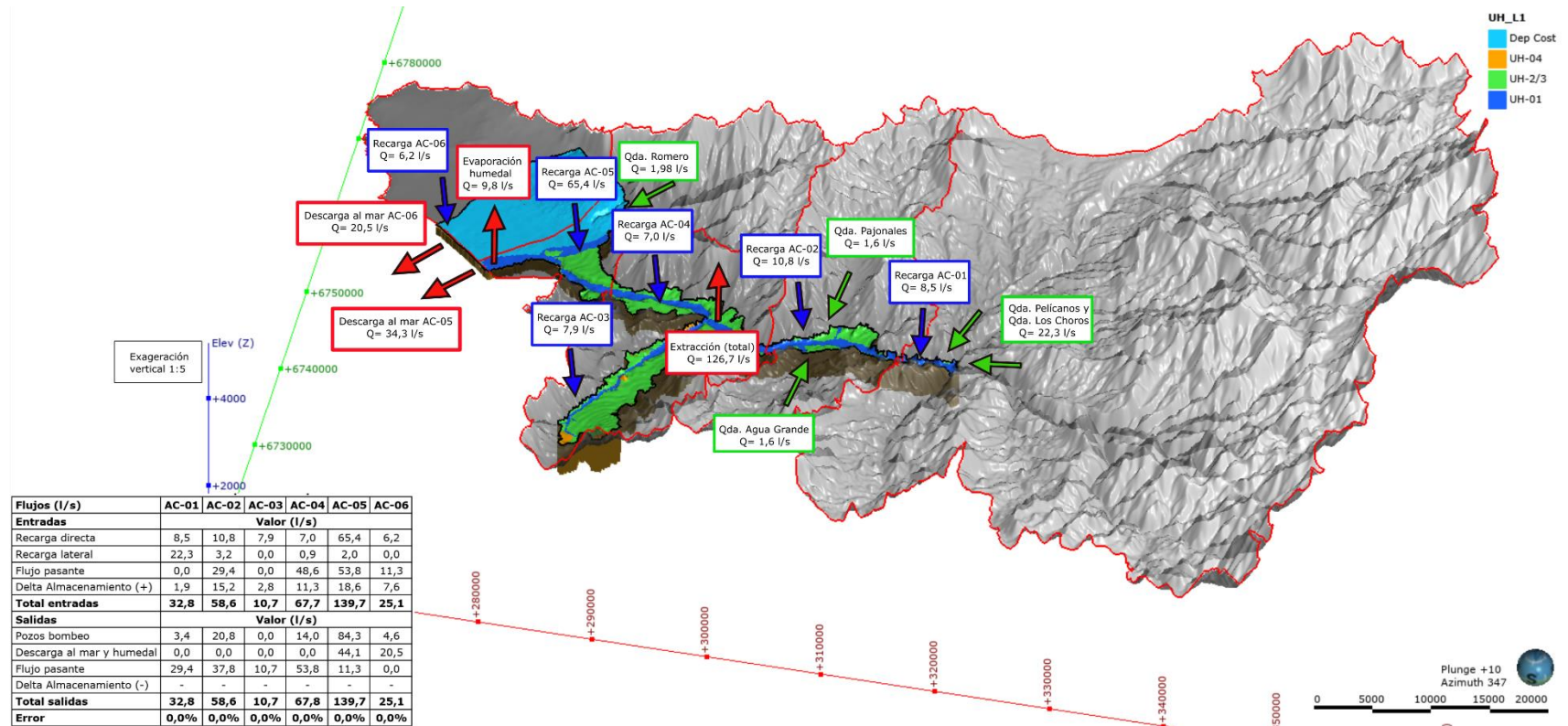


Figura 5-3: Esquema de balance por sector en la cuenca del río Los Choros (1990-2020)

Fuente: Elaboración propia

En relación con los niveles de agua subterránea, se observan en los distintos pozos de la red de monitoreo niveles relativamente estables, con variaciones positivas de nivel en algunos períodos influenciados por *peaks* de recarga. En otros, se aprecia tendencia progresiva al descenso más marcado hacia aguas arriba, en el sector de Punta Colorada, disminuyendo hacia el sector de playa Los Choros, cuyas bajas de niveles estarían condicionadas al aumento de la demanda en el sistema y con la baja recarga presente en el sector.

Los gráficos de las Figura 5-4, Figura 5-5, Figura 5-6 y Figura 5-7 muestran, para cada sector, el detalle de los niveles simulados por el modelo hidrogeológico numérico en comparación con aquellos medidos en la red de monitoreo de pozos. En términos generales, se logra reproducir las tendencias de los niveles en el tiempo por sector acuífero.

En el acuífero AC-02 (ver Figura 5-4), se observa que los niveles en la última década tienen un marcado descenso, influenciado fuertemente por el aumento de bombeos en la zona. En los niveles observados se alcanzan tasas de descensos importantes, de hasta 1,8 m/año (2002-2020). En relación con los niveles simulados en este acuífero, se tienen tasas medias para el mismo periodo de 1,5 m/año. De esta manera, se logra reproducir la evolución de los niveles en el tiempo, tanto en ascensos marcados por los *peaks* intermitentes de recargas asociados a eventos extremos y también los descensos sostenidos desde el año 2002.

En el sector acuífero AC-03 (ver Figura 5-5) se tienen registros de niveles observados desde el año 2012 en adelante. En este periodo (entre 2012-2020), se alcanza una tasa de ascenso promedio en los niveles observados de 0,18 m/año. En cuanto a los niveles simulados, en la misma ventana de tiempo se tiene una tasa media de descenso de 0,17 m/año. Es decir, se logra representar la pendiente y tendencia de los niveles en el tiempo. Además, se observa una tendencia al descenso en todo el periodo con una baja estacionalidad.

En el caso del sector AC-05 (ver Figura 5-7), de acuerdo con los niveles observados se tienen importantes descensos desde el año 2013 en adelante, con tasas de descensos que fluctúan entre los 0,1 m/año hasta 0,28 m/año. En el mismo periodo, para los niveles simulados se obtiene una tasa media de 0,2 m/año. Por lo tanto, se logra reproducir de buena manera la tasa en la última década.

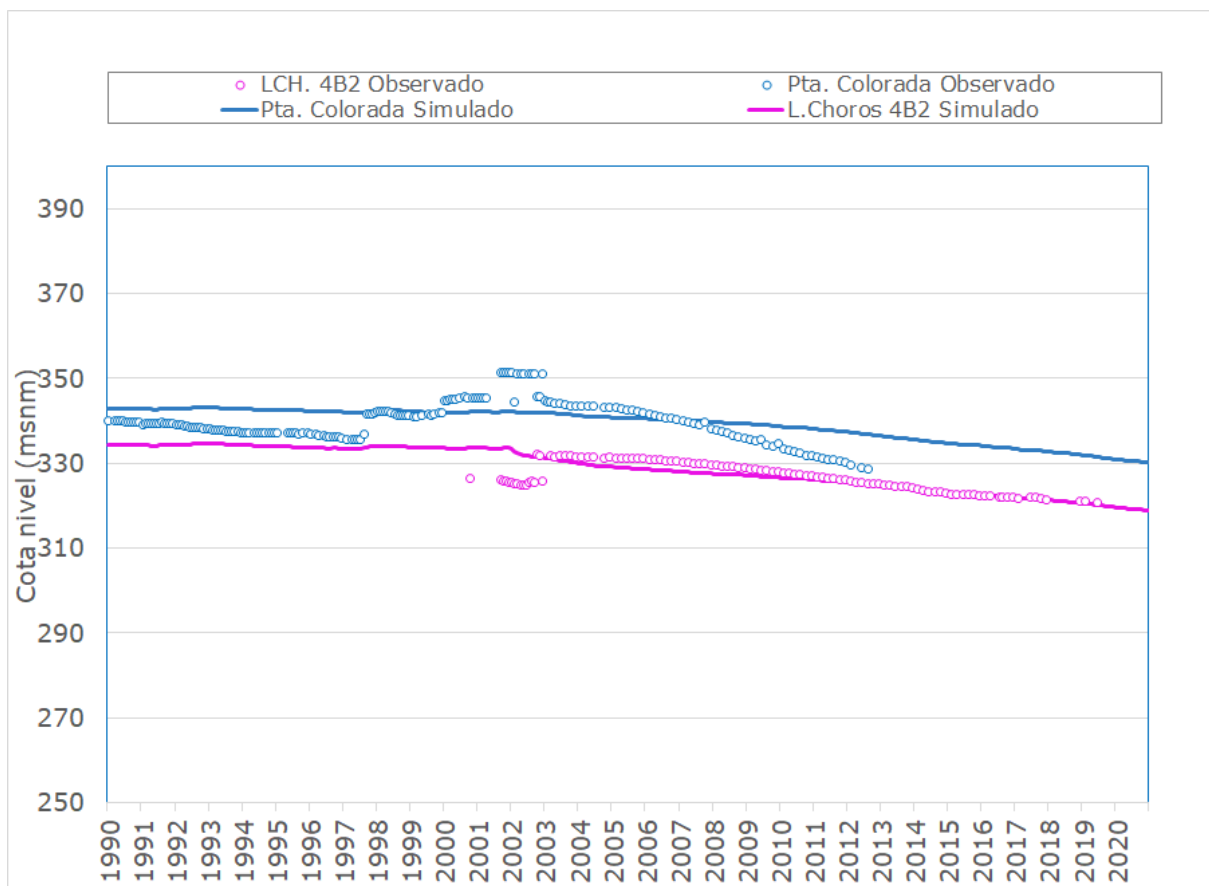


Figura 5-4: Resultados de calibración del modelo numérico, sector AC-02, SHAC Punta Colorada

Fuente: Elaboración propia

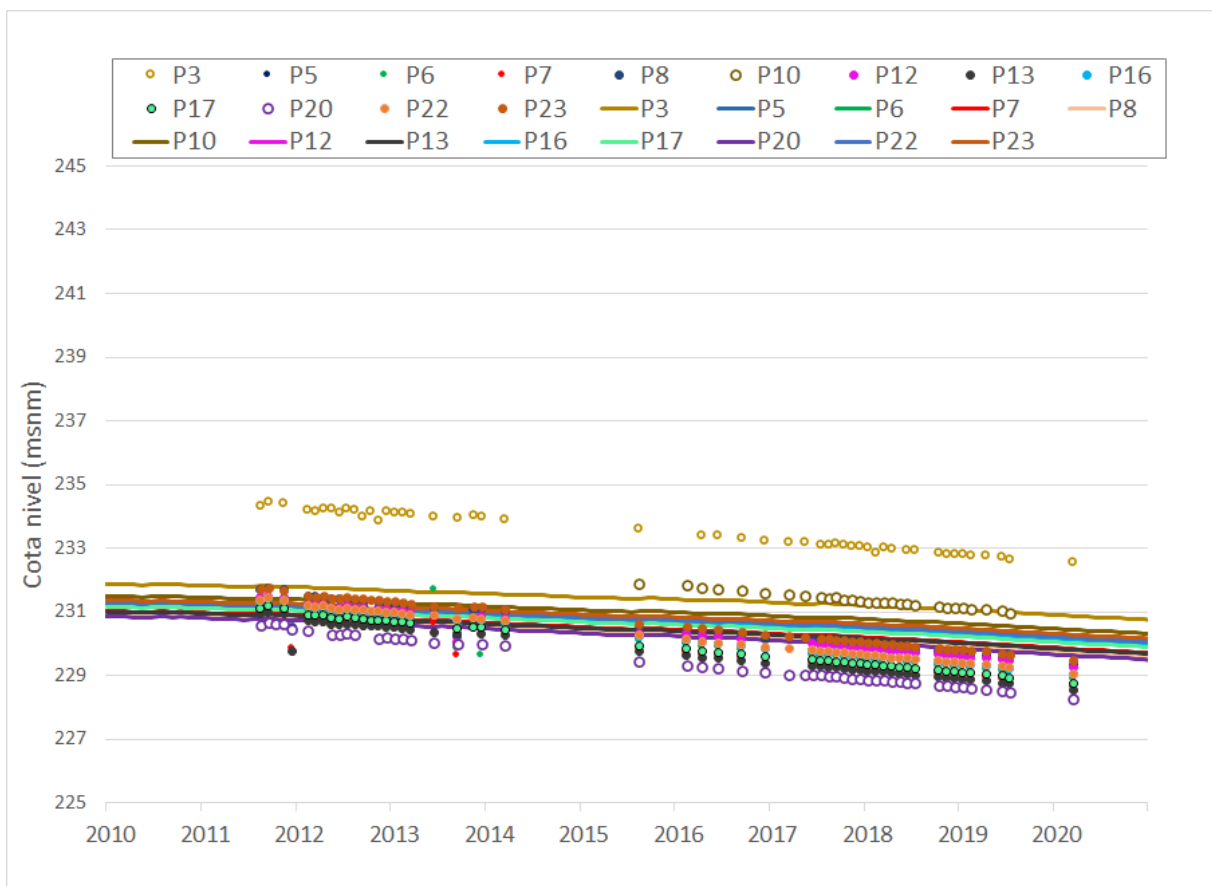


Figura 5-5: Resultados de calibración del modelo numérico, sector AC-03, SHAC Los Choros Altos

Fuente: Elaboración propia

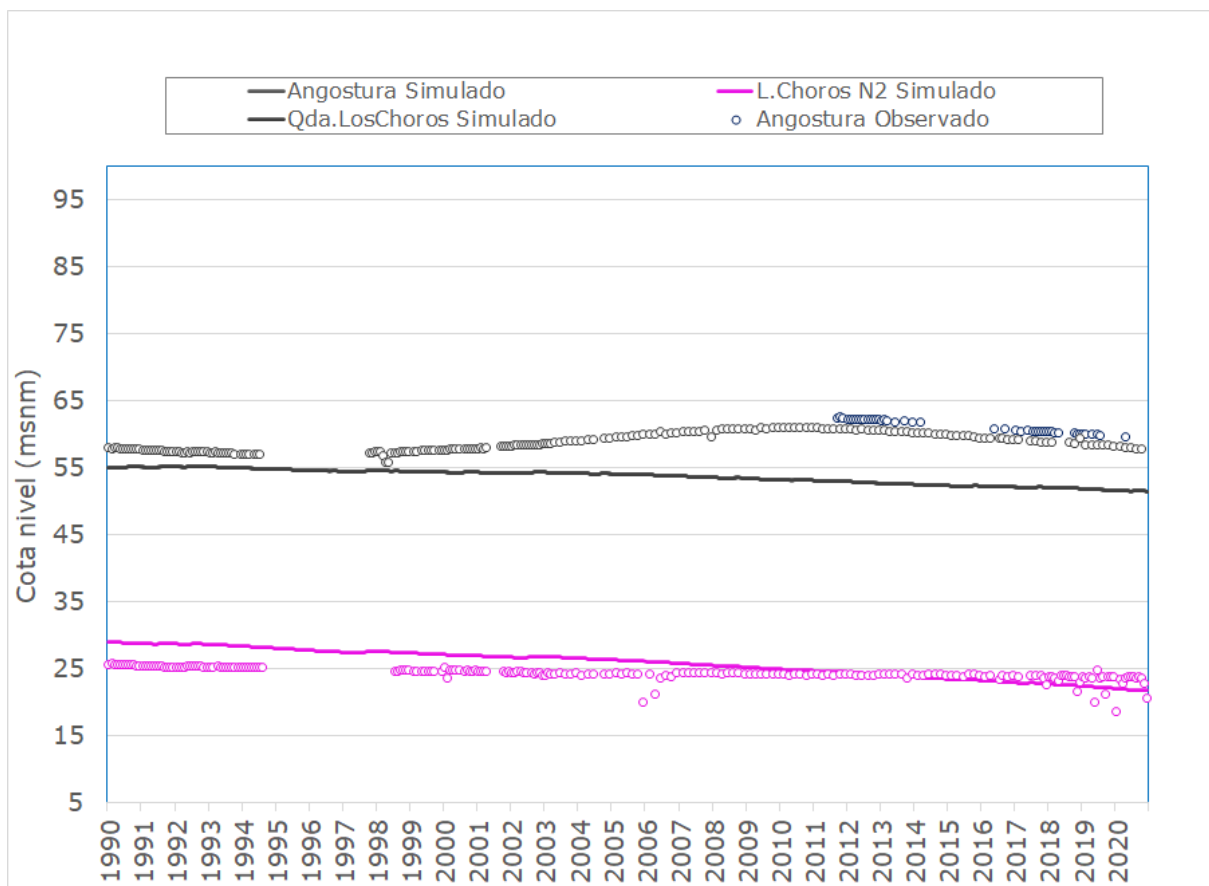


Figura 5-6: Resultados de calibración del modelo numérico, sector AC-04, SHAC Los Choros Bajos

Fuente: Elaboración propia

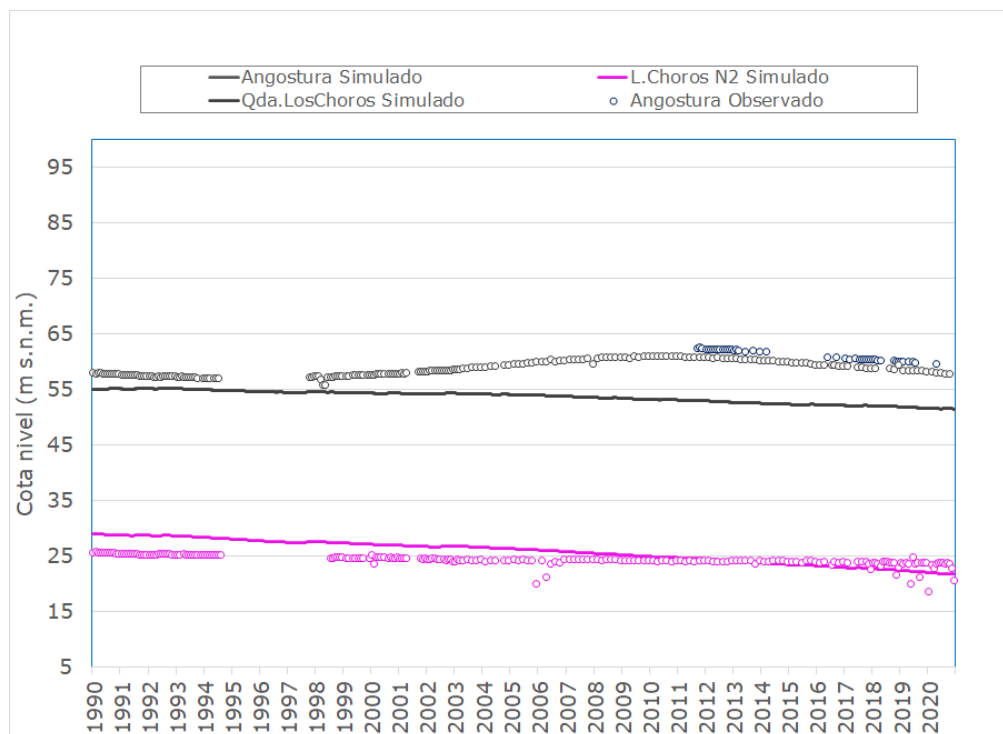


Figura 5-7: Resultados de calibración del modelo numérico, sector Los Choros Bajos

Fuente: Elaboración propia

El detalle de los niveles de agua subterráneo por pozos para el periodo histórico se presenta en el ANEXO H.8.

La Tabla 5-3 presenta un resumen de los estadísticos calculados para la calibración de niveles. El NRMS obtenido para el periodo de calibración de niveles es de 1,49%, lo cual indica que la calibración de niveles es aceptable, según la guía de Modelación del SEA (2012).

Tabla 5-3: Resumen estadísticos de la calibración

Parámetro	Calibración niveles transiente
Numero de pozos	39,0
Numero de datos	3078,0
MAE (m)	3,3
RMS (m)	5,0
Rango de observaciones Max – Min (m)	337,5
NMAE (%)	0,99%
NRMS (%)	1,49%

Fuente: Elaboración propia

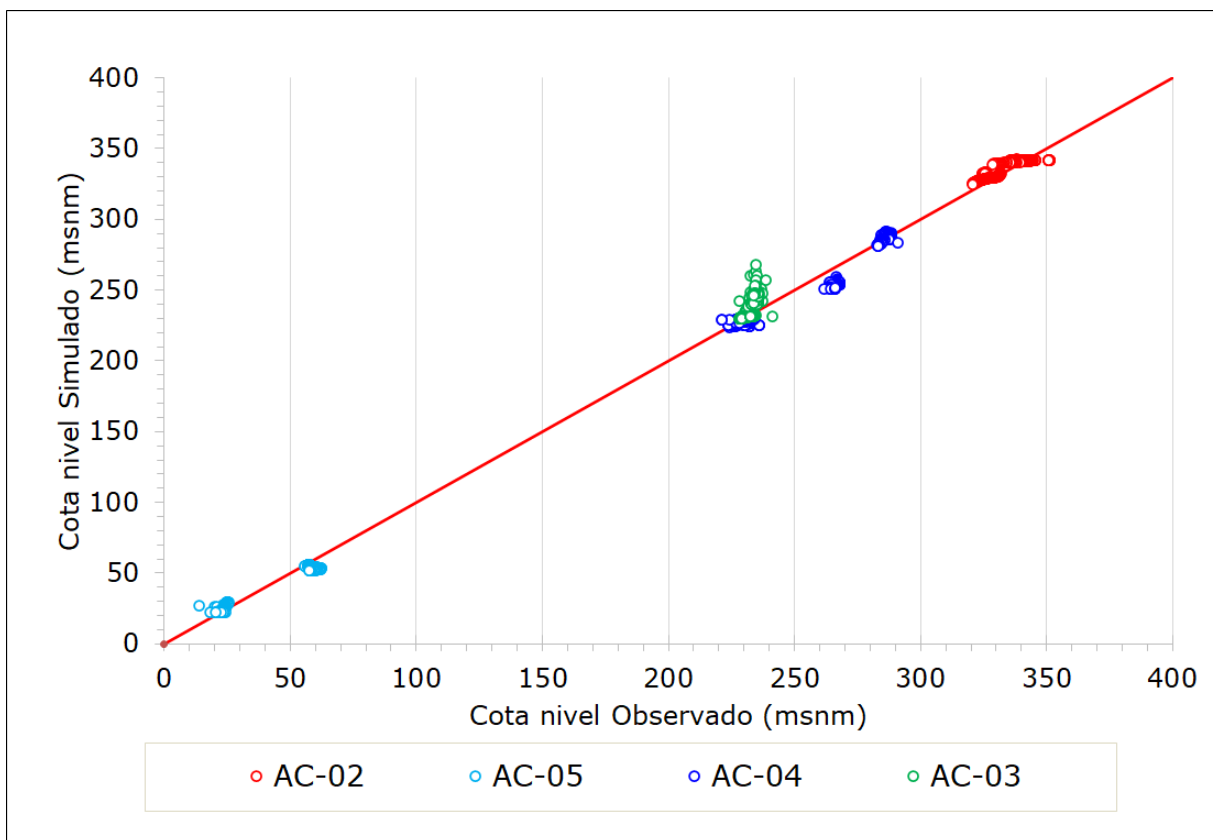


Figura 5-8: Gráfico dispersión de calibración en régimen transitorio

Fuente: Elaboración propia

La evaluación del ajuste de la calibración en régimen transiente, a partir de los indicadores de bondad de ajuste o estadígrafos, balances hídricos y gráficos de dispersión mostrados anteriormente, indica que el modelo representa adecuadamente las tendencias de descenso y recuperación de niveles en las distintas zonas acuíferas y por lo tanto constituye una herramienta adecuada para realizar evaluaciones para escenarios futuros.

5.1.2 Situación proyectada

5.1.2.1 Selección de Modelo de Circulación General

Los modelos de circulación general CSIRO y CCSM4 fueron escogidos (sección 2.4.3) para ser analizados en cuanto al comportamiento de las forzantes meteorológicas de cada uno: el modelo CSIRO posee sensibilidad climática Baja Extrema, mientras que CCSM4, Baja moderada (DGA, 2018). Según la metodología detallada en el acápite 3.4.7 del Anexo F, se escogerá el modelo que presente menor variación entre el periodo histórico y futuro en las precipitaciones.

Para cada una de las series mensuales de las subcuencas provenientes de los GCMs se calcula su precipitación acumulada anual. Posteriormente, se obtiene el promedio de los periodos 1985-2015 y 2030-2060 para cada uno de los modelos globales. La variación

promedio entre estos periodos corresponde a -5% aproximadamente en el caso de CSIRO y -12% para CCSM4, como se observa en la Tabla 5-4:.

Tabla 5-4: Variación de Precipitación anual entre periodo 1985-2015 y 2030-2060 en cada subcuenca, para cada GCM

Modelo	CCSM4	CSIRO
URH/Ventana	30-60;85-15	30-60;85-15
AC_01	-12%	-6%
AC_02	-12%	-6%
AC_03	-13%	-5%
AC_04	-11%	-6%
AC_05	-13%	-5%
AN_01	-12%	-5%
AN_02	-12%	-5%
AN_03	-12%	-6%
AN_04	-12%	-5%
AN_05	-13%	-5%
AN_06	-12%	-6%
AN_07	-13%	-5%
AN_08	-12%	-5%
AN_09	-13%	-5%
AN_10	-13%	-5%
AN_11	-12%	-5%

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados presentados, se puede notar que el modelo CSIRO corresponde al modelo de menor descenso de precipitaciones para el periodo futuro, por lo cual es elegido para representar el escenario base (EB) de cambio climático en función a la metodología expuesta en la sección 3.4.7 del Anexo F, que busca un cambio moderado en las forzantes meteorológicas respecto a la situación actual, y evitando soluciones exageradas respecto al déficit hídrico esperado en la cuenca.

Luego de esto, el mismo escenario base se utilizará como raíz para la evaluación de dos escenarios de gestión, que se analizarán con el objetivo de disminuir el déficit de demanda de agua identificado en el escenario base, de existir. En primer lugar, se confecciona un caso con iniciativas que buscan gestionar la oferta de agua (escenario 1, gestión de la oferta), mientras que el segundo se relaciona con gestionar la demanda de agua (escenario 2, gestión de la demanda).

A continuación, se describe el escenario base, con los supuestos considerados y los resultados obtenidos, para luego desarrollar y analizar los resultados de los escenarios con gestión.

5.1.2.2 Escenario base

Con el objetivo de evaluar la condición proyectada sin gestión, se construye un escenario base, que cuantifique el cambio climático mediante un modelo (MCG) que genere una leve disminución en precipitaciones (similar a condición actual), y que proyecte un crecimiento en la demanda de la cuenca según diversos supuestos, detallados en el capítulo 3 del presente informe. La Tabla 5-5 resume las condiciones de simulación del escenario base (EB), dada la elección del MCG CSIRO-Mk-6-0 como representativo del cambio climático para la evaluación de escenarios del PEGH Los Choros.

Tabla 5-5: Definiciones de escenario base modelado

ESCENARIO CC	Periodo	OBS
EB	Ene 2021 – Dic 2050	
Forzantes	Ene 2021 – Dic 2050	BH MCG CSIRO
Demandas	Ene 2021 – Dic 2050	Proyectadas desde 2021 para analizar la respuesta del sistema en términos de sustentabilidad de acuíferos y cumplimiento de demandas

Fuente: Elaboración propia

Dada la configuración anterior, no se realizan cambios en la estructura topológica del modelo WEAP. Por otro lado, la Tabla 5-6 resume las consideraciones generales del modelo numérico hidrogeológico (MODFLOW) para el escenario base, en lo que respecta a forzantes, demandas e iniciativas implementadas.

La implementación de las acciones en la gestión de demandas en el modelo hidrogeológico numérico solo considera un cambio en las series de recarga y extracciones ingresadas.

Tabla 5-6: Resumen antecedentes implementación del modelo numérico escenario base

Ítem	Descripción
Periodo de modelación	enero 2021 – diciembre 2050
Periodos de stress	360 SP
Forzantes 2021-2050	MCG CSIRO
Demandas 2021 -2050	Proyección de demandas a 2050
Escala	Mensual
Zonas de Balance	SHAC

Fuente: Elaboración propia

5.2 RESULTADOS ESCENARIO BASE

5.2.1 Balance hídrico general

En lo que respecta al sistema subterráneo de la cuenca, en la Tabla 5-7 se presentan los resultados del balance hídrico general promedio para el periodo 2021-2050. Las entradas de flujo al sistema subterráneo están definidas por la recarga directa y recargas laterales

definidas previamente. Por otra parte, las salidas del sistema subterráneo corresponden a las extracciones por pozos de bombeo, demanda ambiental del borde costero, descarga al mar y demanda del humedal. En el caso especial del almacenamiento del sistema subterráneo, este actúa como un gran reservorio que compensa las diferencias entre las entradas y las salidas de flujo subterráneo; por lo que es capaz de aportar agua desde el volumen almacenado (vaciamiento del volumen almacenado) cuando las salidas de flujo subterráneo (o demandas) son superiores las entradas (oferta), lo que implica un "Delta Almacenamiento positivo". En el caso contrario, cuando la magnitud de las entradas es superior a las salidas, el volumen almacenado recibe el flujo remanente (recarga del volumen almacenado) y se habla de un "delta almacenamiento negativo" pues hay una salida de flujo subterráneo sobrante hacia el volumen almacenado.

De manera de tener una visión integral de las componentes que forman el balance hídrico subterráneo, en la Figura 5-9 se presentan las series de dichas variables en función del tiempo para el periodo de modelación a nivel de cuenca.

Tabla 5-7: Balance hídrico general del modelo para escenario base (2021-2050)

Entradas	Valor (l/s)
Recarga directa	173,5
Recarga lateral	29,0
Delta Almacenamiento (+)	70,9
Salidas	Valor (l/s)
Extracciones por pozos de bombeo	251,1
Demanda ambiental y descarga al mar	22,4
Total entradas	273,4
Total salidas	273,5
Error	0,0%

Fuente: Elaboración propia.

El detalle de las series de flujos del balance de agua subterráneo para el Escenario Base se presenta en el ANEXO H.7.

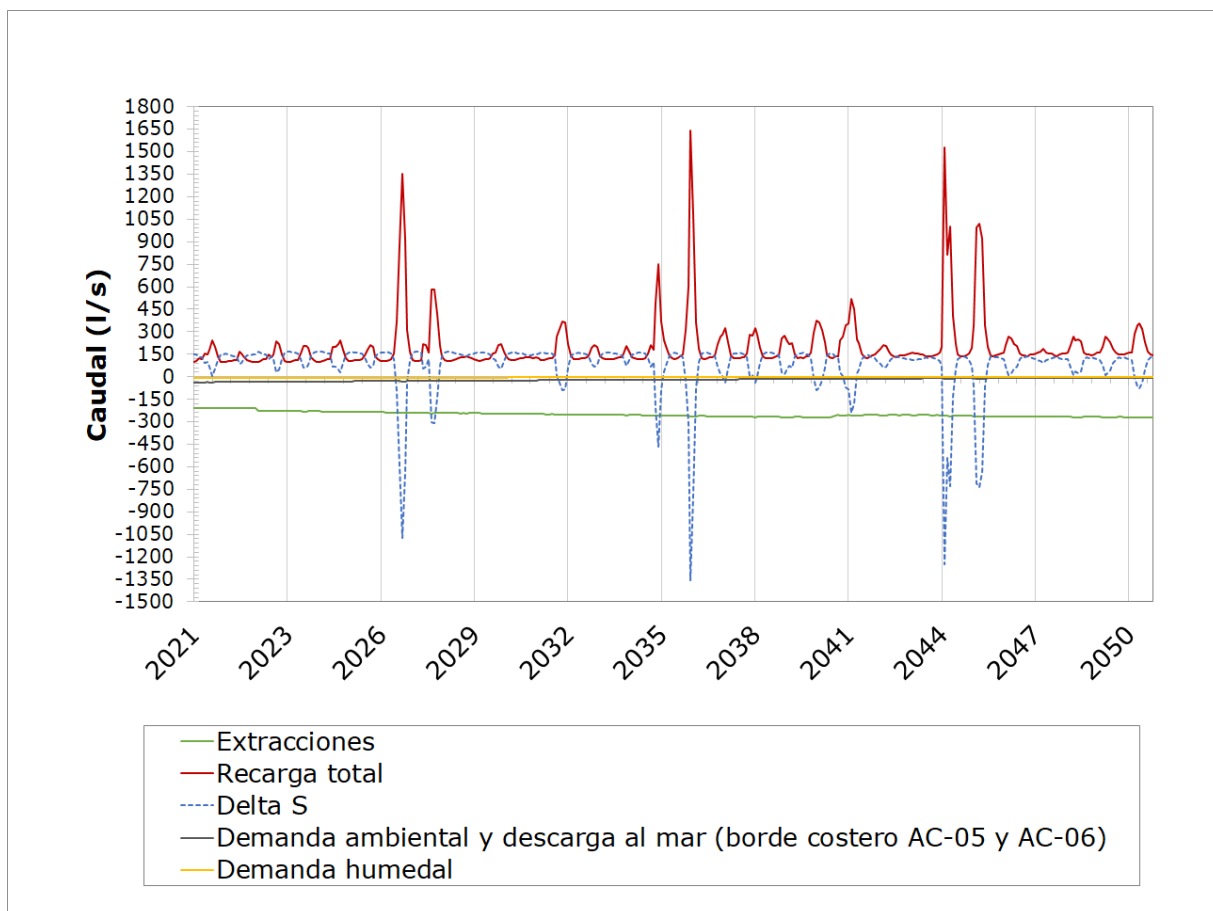


Figura 5-9: Balance hídrico general del modelo Escenario Base, periodo 2021-2050

Fuente: Elaboración propia.

A modo comparativo, la variación promedio en l/s y porcentual entre el modelo de escenario base (2021-2050) y el periodo histórico (periodo 1990-2020), se ilustra en la Tabla 5-8. El flujo por recarga directa al sistema aumenta cerca de un 64% (67,8 l/s aprox.) respecto a la recarga ingresada en el periodo histórico (1990-2020). Esto tiene relación con el aumento de la recarga en los sectores de riego, asociada al incremento en el área regada (60% aprox. Entre periodo histórico y futuro).

Por otro lado, las extracciones, con respecto al periodo histórico (promedio), aumentan en un 98,2%. En cuanto a la variación entre diciembre 2020 y diciembre 2050, las extracciones pasan de 205,8 l/s a 269,6 l/s, aumentando así un 31%. En cuanto a la demanda del humedal, demanda ambiental y descargas del borde costero hacia el mar, se proyecta una disminución del 62,5% (equivalente a 40,4 l/s).

Tabla 5-8: Variación en l/s y % entre el escenario base y simulación periodo histórico (1990-2020)

	Histórico (1990-2020)	Caso Base (2021-2050)	Variación
Entradas	(l/s)	(l/s)	%
Recarga directa	105,7	173,5	+64,1%
Recarga lateral	28,4	29,0	+2,2%
Delta Almacenamiento (+)	57,2	70,9	+23,9%
Salidas	(l/s)	(l/s)	%
Extracciones por pozos de bombeo	126,7	251,1	+98,2%
Demanda ambiental y descarga al mar	64,7	22,4	-65,4%
Total entradas	191,3	273,4	+42,9%
Total salidas	191,4	273,5	+42,9%
Error	0,0%	0,0%	0,0%
	Histórico (1990-2020)	Escenario Base (2021-2050)	Variación
Entradas	(l/s)	(l/s)	%
Recarga directa	105,7	173,5	+64,1%
Recarga lateral	28,4	29,0	+2,2%
Delta Almacenamiento (+)	57,2	70,9	+23,9%
Salidas	(l/s)	(l/s)	%
Extracciones por pozos de bombeo	126,7	251,1	+98,2%
Demanda ambiental y descarga al mar	64,7	22,4	-65,4%
Total entradas	191,3	273,4	+42,9%
Total salidas	191,4	273,5	+42,9%
Error	0,0%	0,0%	0,0%

Fuente: Elaboración propia.

El modelo muestra una adecuada convergencia numérica, donde el error de balance es inferior al 1%, cumpliendo con el criterio de error máximo (<1%) expuesto en la Guía para el uso de modelos de aguas subterráneas en el SEIA (SEA, 2012).

5.2.2 Balance hídrico por SHAC

El balance hídrico por SHAC para el escenario base puede encontrarse en la sección 8.1.3.3 del Anexo H.

5.2.3 Niveles de agua subterránea

En general, los niveles de agua subterránea simulados para el periodo de modelación 2021-2050 en los puntos donde se ubican los pozos de la red de monitoreo muestran un comportamiento similar de niveles en un mismo SHAC.

Los gráficos de las Figura 5-10, Figura 5-11 y Figura 5-12 ilustran, para cada sector que cuenta con ubicación de pozos de la red de monitoreo, la evolución temporal de los niveles simulados en el periodo 2021-2050 para el Escenario Base. Se observan variaciones positivas de nivel en algunos períodos influenciados por *peaks* de recarga. No obstante, el comportamiento general es una tendencia sostenida al descenso, cuyas bajas de niveles parecen estar condicionadas por el aumento de la demanda y extracciones en el sistema.

Las tasas de variación promedio de los pozos por SHAC entre la cota nivel (msnm) del periodo diciembre 2020 y diciembre 2050 se muestran en la Tabla 5-9.

En el sector AC-02, se presenta la tasa de descenso (m/año) más desfavorable en el periodo, con un promedio de 0,77 m/año entre 2021-2050 y de 1,15 m/año entre 2021-2040. Esta situación es consistente con respecto a las tasas del periodo histórico para este sector acuífero, donde en la última década se alcanzaba una tasa de 1,4 m/año (2002-2019), por lo tanto, se mantiene la tendencia a la baja y el importante efecto de los bombeos en la zona. En cuanto al sector acuífero AC-03 se proyecta una tasa de descenso promedio en el tiempo de 0,22 m/año, manteniendo la misma tasa de descenso en los niveles respecto al periodo histórico (1990-2020). En cuanto al sector acuífero AC-04, la tasa de descenso proyectada para el periodo 2021-2050 es de 0,33 m/año, la cual se ve aumentada respecto al periodo histórico, donde se alcanzaban tasas de entre 0,2 a 0,3 m/año. Finalmente, para el sector AC-05, se obtiene una tasa proyectada media de 0,27 m/año. Esta tasa es consistente con la tendencia que se tenía en el periodo histórico, donde se alcanzaban tasas entre 0,1 m/año y 0,28 m/año.

En términos generales, se observa que, si bien los descensos medios aumentan en la proyección 2021-2050 (con respecto a condición histórica), las tasas y pendientes se mantienen con respecto a la situación actual, obteniéndose descensos de la napa subterránea al largo plazo (2050) que van desde los 6m en el AC-05 hasta 23 m en el sector acuífero AC-02. De este modo, si bien no se acentúa, sí se mantiene la tendencia histórica en cuanto a tasas de descenso en los niveles y el vaciamiento del acuífero.

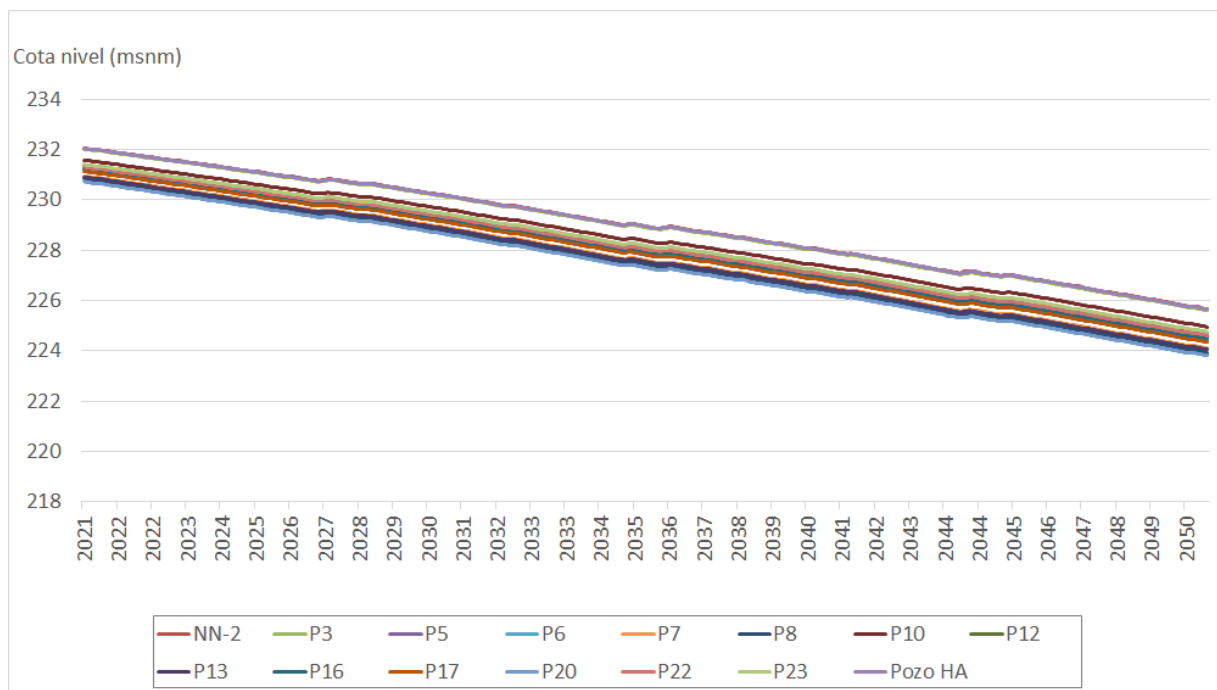


Figura 5-10: Cota niveles de agua subterráneas (msnm) en AC-03, SHAC Los Choros Altos, periodo 2021-2050

Fuente: Elaboración propia.

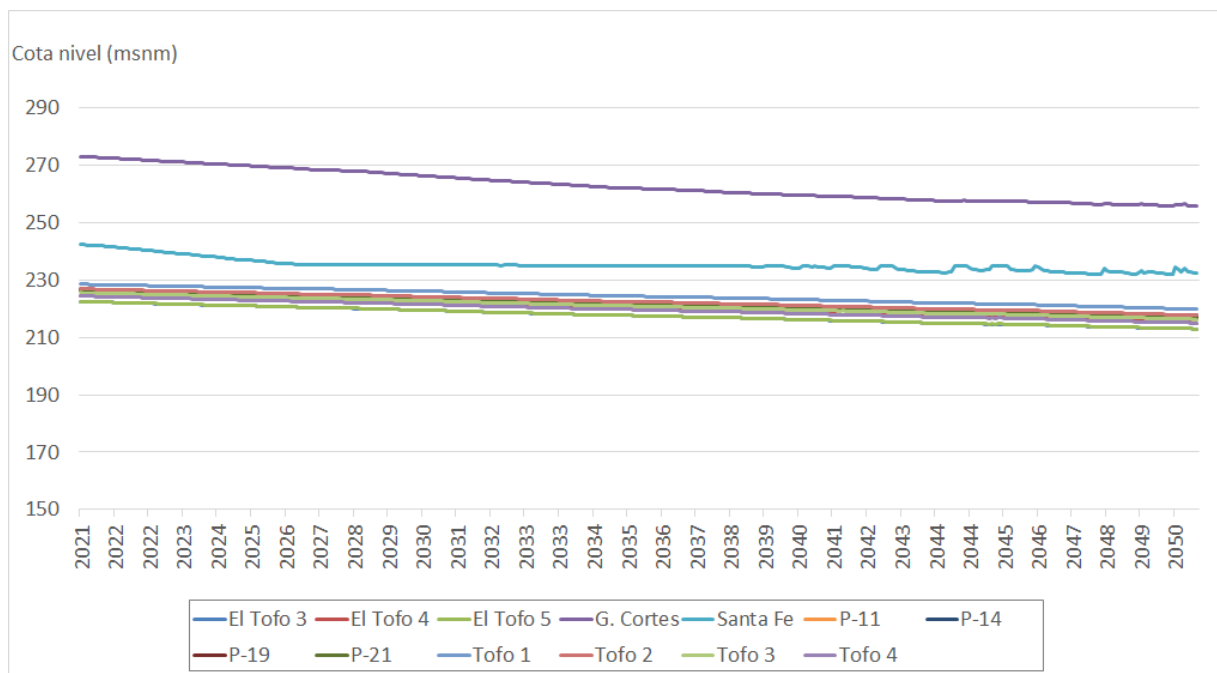


Figura 5-11: Cota niveles de agua subterráneas (msnm) en sector AC-04, SHAC Los Choros Altos, periodo 2021-2050

Fuente: Elaboración propia.

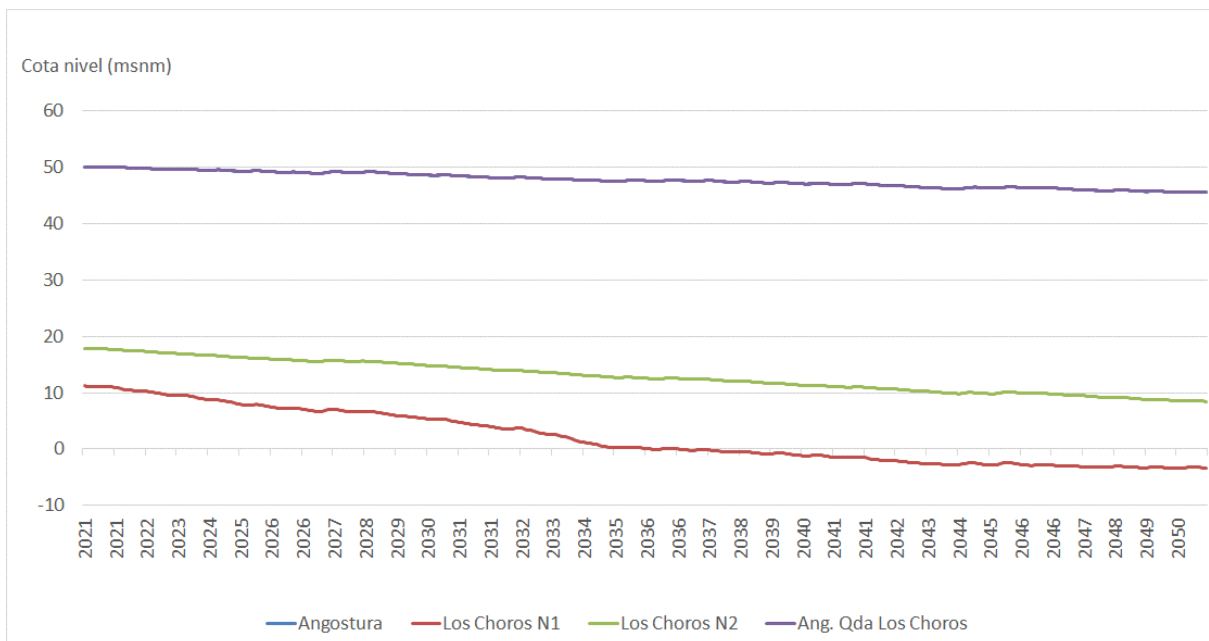


Figura 5-12: Cota niveles de agua subterráneas (msnm) en sector AC-05, SHAC Los Choros Bajos, periodo 2021-2050

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-9: Tasas de variación de niveles en el periodo 2021 – 2050 para Caso Base

Acuífero	SHAC	Tasa de variación (m/año) *
AC-01	Tres Cruces	-
AC-02	Punta Colorada	(-) 0,77
AC-03	Los Choros Altos	(-) 0,22
AC-04		(-) 0,33
AC-05	Los Choros Bajos	(-) 0,27
AC-06	Playa Los Choros	-

Fuente: Elaboración propia

* Nota: Valores de variación positivos (negativos) indican un aumento (descenso) de la cota de nivel para fin del periodo (diciembre 2050) respecto al nivel en la condición inicial (enero 2021)

5.2.4 Brechas

Se define la brecha en el presente estudio, como el déficit de recurso hídrico para suplir la demanda, ya sea ésta según su naturaleza (consumo humano, agricultura, minería, etc.)

o según su ubicación (cuánta agua falta por sector, como por ej. Por SHAC). Dadas las características de las fuentes de abastecimiento, la brecha es generada exclusivamente por pérdidas de eficiencia de extracciones subterráneas, por lo que cuando se habla de brecha, se debe considerar que implícitamente se refiere a un déficit asociado a la fuente subterránea.

El detalle de brechas por uso (APR, Riego, Minería/Industrial) se tiene en la sección 8.2.1. del Anexo H. En este acápite se ilustra la demanda y brecha total para la cuenca del río Los Choros.

5.2.4.1 Demanda y brecha total

En la Tabla 5-10 se observa la demanda total promedio, para el periodo histórico y el escenario base modelado, bajo la forzante CSIRO-Mk-6-0. Se puede notar que el SHAC con mayor demanda en ambos periodos corresponde al de Los Choros Bajos, asociado al uso agrícola del sector, seguido del SHAC Punta Colorada, en donde domina el uso industrial. La proyección indica un crecimiento de la demanda promedio de un 111% (4,64 Hm³/año), con los mayores aumentos distribuidos en las zonas mencionadas en el párrafo anterior.

Tabla 5-10: Demanda total promedio periodo histórico 1991-2020 y escenario base 2021-2050

Demanda Total (Hm ³ /año)	1991-2020	2021-2050
		EB
Tres Cruces	0,11	0,70
Punta Colorada	0,67	1,44
Los Choros Altos	0,45	0,75
Los Choros Bajos	2,80	5,20
Playa Los Choros	0,15	0,73
Total	4,18	8,82

Fuente: Elaboración propia.

El caudal de extracción total presenta brechas de demanda para el periodo histórico modelado (Tabla 5-11) asociadas al uso agrícola en el SHAC Los Choros Bajos, cuantificadas en 0,1 Hm³/año. Se debe señalar en este punto que, si bien el modelo no determina una brecha de demanda para el SHAC Los Choros Altos en el periodo histórico, se identifica en terreno una problemática de abastecimiento asociada a los APR de El Trapiche y La Higuera (ubicados en el mencionado SHAC), los cuales en los últimos 5 años han comenzado a presentar mermas de disponibilidad (baja de productividad en sus pozos), lo que ha generado la necesidad de suplir la demanda remanente con apoyo de camiones aljibe municipales que extraen agua desde un pozo con DAA otorgados a la municipalidad de La Higuera, ubicado en la localidad de Punta Colorada.

Se pudo verificar en terreno que los camiones -de 15.000 lts. De capacidad- realizan 3 cargas al día de lunes a viernes. Esto se traduce en un volumen de aprox. 11.730 m³/año (0,01 Hm³/año, 0,37 l/s), que representa la brecha estimada actual, resumida también en la Tabla 5-11.

Para el escenario base, en tanto, se proyecta una brecha total promedio de 0,85 Hm³/año (27 l/s), cuyo valor responde a la suma de las brechas agrícola (0,66 Hm³/año o 21 l/s), de agua potable rural (0,16 Hm³/año o 5 l/s) e industrial (0,03 Hm³/año o 1 l/s). En términos de su evolución temporal, se puede observar en la Figura 5-13 que esta brecha total alcanza un máximo de 1,7 Hm³/año (55 l/s) para el año 2050.

Tabla 5-11: Brecha total promedio periodo histórico 1991-2020 y escenario base 2021-2050

Brecha Total (Hm ³ /año)	Naturaleza de la Brecha	1991-2020	2021-2050
			EB
Tres Cruces	N/A	0,00	0,00
Punta Colorada	Industrial	0,00	0,03
Los Choros Altos	APR	0,01*	0,16
Los Choros Bajos	Riego	0,10	0,66
Playa Los Choros	N/A	0,00	0,00
Total		0,10	0,85

Fuente: Elaboración propia.

*: brecha estimada al año 2020 para APR en el SHAC Los Choros Altos

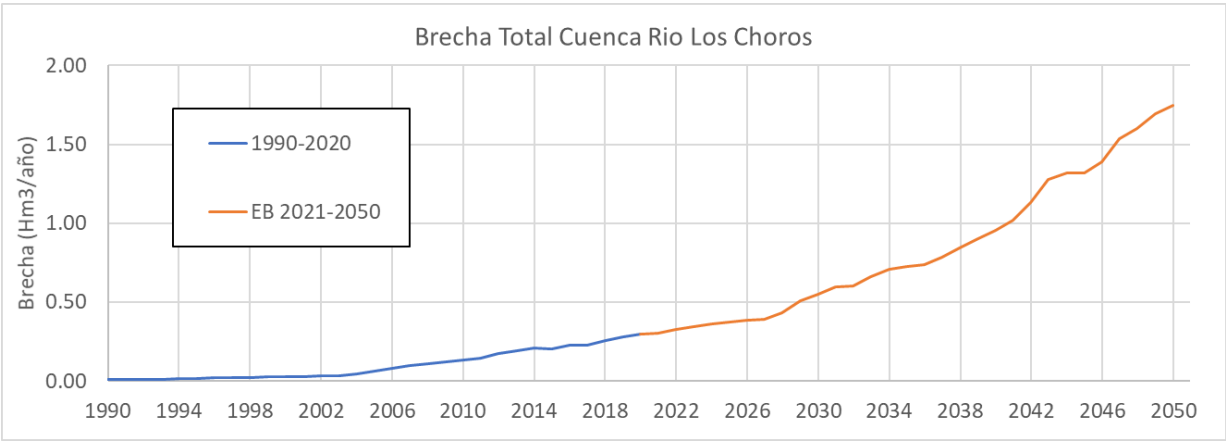


Figura 5-13: Evolución temporal brecha total periodo histórico 1991-2020 y escenario base 2021-2050

Fuente: Elaboración propia.

En función a lo anterior, se tiene una disminución de la cobertura global promedio respecto al periodo histórico, pasando de un 97% a un 90%, como se observa en la Tabla 5-12. A escala de SHAC, la mayor pérdida porcentual de cobertura corresponde al SHAC Los Choros Altos, donde tal brecha se asocia a una pérdida de eficiencia de los APR del sector.

Tabla 5-12: Cobertura total promedio periodo histórico 1991-2020 y escenario base 2021-2050

Cobertura Total (%)	1991-2020	2021-2050
		EB
Tres Cruces	100%	100%
Punta Colorada	100%	98%
Los Choros Altos	100%	79%
Los Choros Bajos	96%	87%
Playa Los Choros	100%	100%
Total	97%	90%

Fuente: Elaboración propia.

5.2.5 Sustentabilidad del recurso hídrico

A continuación, se analizan los criterios que permiten verificar la sustentabilidad de la explotación acuífera en cada SHAC. El detalle de la metodología para cada criterio de sustentabilidad definido se presenta en la sección 3.7.6 del ANEXO F. Cabe destacar que el Criterio 2: Interferencia río acuífero no aplica en el acuífero analizado en el presente estudio, debido a que no existe escorrentía superficial. Adicionalmente se establece que el criterio 5 no es analizado en este estudio, ya que todos los SHAC de cabecera de cuenca se encuentran cerrados por lo que no aplica este criterio. El funcionamiento de los SHAC de Los Choros Bajo y Playa Los Choros, que aún se encuentran abiertos, no poseen funcionamiento dependiente de los otros sectores, por lo que tampoco aplicaría este criterio.

i. Criterio 1A: Descenso máximo de la napa

Se realizó un análisis de los niveles en el tiempo para los puntos de monitoreo, a nivel de SHAC, definidos en la sección 8.3.1 del Anexo H. Para evaluar el criterio, en primer lugar, se calculó la variación entre la cota de nivel inicial de referencia (dic 2020) y la cota al final del periodo (dic 2050) para obtener las tasas de ascenso/descenso por SHAC. La evaluación del Criterio 1A, el cual establece un descenso máximo de la napa de 1 metro, se presenta en la Tabla 5-13.

Tabla 5-13: Descenso máximo de napa, Caso Base

SHAC	Nivel inicial (msnm)*	Nivel final (msnm)*	Variación en 30 años (m)	Cumplimiento criterio (<1 m)
Tres Cruces	-	-	-	-
Punta Colorada	320,6	297,5	-23,1	No cumple
Los Choros Altos	230,9	222,6	-8,3	No cumple
Los Choros Bajos	42,5	35,9	-6,5	No cumple
Playa Los Choros	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Es relevante destacar que en el SHAC de Punta Colorada en el periodo histórico se alcanzaba una profundización del nivel estático de hasta 16 m entre 2002-2020 (tasa de descenso de 1,8 m/año). Por otra parte, en el Escenario Base esta situación se mantiene

con tasas de 1,15 m/año entre 2021-2040, marcando el importante efecto de los bombeos en esta zona.

Caso similar ocurre para Los Choros Altos y Los Choros Bajos, donde se arrastra la condición de descenso del período histórico, manteniendo tasas similares en el periodo futuro de simulación, respecto al periodo histórico.

De acuerdo con los descensos se ve que, en el Escenario Base, ningún SHAC cumple con el Criterio 1A de Sustentabilidad.

ii. Criterio 1B: Volumen sustentable

Utilizando la cota del nivel freático en cada celda, así como sus dimensiones y porosidad, se calculó el volumen inicial (dic 2020) almacenado en cada SHAC. Luego, empleando la variación de almacenamiento en el período dic 2020 – dic 2050, se obtuvo el volumen almacenado en los años de interés. La evaluación del Criterio 1B, el cual establece una disminución máxima del volumen almacenado de 5%, se presenta en la Tabla 5-14.

Tabla 5-14: Variación de volumen almacenado, Escenario Base

SHAC	Volumen inicial (Mm3)	Volumen final (Mm3)	Variación en 30 años (%)	Cumplimiento criterio (<5%)
Tres Cruces	79,0	79,6	-0,7%	Cumple
Punta Colorada	76,3	59,1	22,5%	No cumple
Los Choros Altos	365,9	340,1	7,1%	No cumple
Los Choros Bajos	78,7	62,8	20,2%	No cumple
Playa Los Choros	41,6	30,0	28,0%	No cumple

Fuente: Elaboración propia.

Así se ve que, en el Escenario Base, sólo el SHAC de Tres Cruces cumple con el Criterio 1B de Sustentabilidad.

iii. Criterio 3: Satisfacción de la demanda

Utilizando el caudal en los pozos que el modelo indica que es factible extraer flujo en la ventana de tiempo 2021-2050 para cada sector hidrogeológico, se realiza una comparación de los valores promedios de flujo (2021-2050), con el caudal impuesto como demanda. La evaluación del Criterio 3, el cual establece una extracción mínima de un 95% del caudal ingresado como demanda al modelo, se detalla en la Tabla 5-15.

Tabla 5-15: Satisfacción de demanda, Escenario Base

SHAC	% Satisfacción Demanda	Cumplimiento criterio (>95%)
Tres Cruces	100%	Cumple
Punta Colorada	98%	Cumple
Los Choros Altos	78%	No cumple
Los Choros Bajos	86%	No cumple
Playa Los Choros	100%	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la satisfacción de demanda a escala de SHAC, la menor satisfacción de demanda ocurre en SHAC Los Choros Altos, asociado a una pérdida de eficiencia, en particular, a los APR del sector. Por otra parte, la satisfacción de demanda en Los Choros Bajos (86%) se debe principalmente a la pérdida de eficiencia asociada al uso agrícola en el SHAC.

De esta forma, en el Escenario Base sólo los SHAC de Tres Cruces, Punta Colorada y Playa Los Choros cumplen con el Criterio 3 de Sustentabilidad.

iv. Criterio 4: Pozos secos

Utilizando el número de pozos totales por SHAC que tienen caudal de extracción asociado en la ventana de tiempo analizada (2021-2050) y la condición de estos al final del periodo de simulación (diciembre 2050), se analiza el porcentaje de pozos desconectados o colgados del sistema subterráneo. La evaluación del Criterio 4, que establece que no debe haber más de un 5% de pozos secos por SHAC al final del periodo, se detalla en la Tabla 5-16.

Tabla 5-16: Porcentaje de pozos secos, Escenario Base

SHAC	Número pozos (2021)	Número pozos secos (2050)	Pozos Secos (%)	Cumplimiento criterio
Tres Cruces	4	0	0%	Cumple
Punta Colorada	11	0	0%	Cumple
Los Choros Altos	27	0	0%	Cumple
Los Choros Bajos	44	0	0%	Cumple
Playa Los Choros	14	0	0%	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

* Nota: Se considera en el total exclusivamente los pozos que tienen extracciones de caudal asociadas.

Así, se ve que, en el Escenario Base, todos los SHAC cumplen con el Criterio 4 de Sustentabilidad.

v. Resumen cumplimiento Criterios de Sustentabilidad

Considerado el no cumplimiento del Criterio 1A y 1B en casi todos los SHAC analizados, se estima que actualmente ningún sector de la cuenca del río Los Choros presenta una explotación sustentable que cumpla con los criterios establecidos.

Por otra parte, es importante destacar el cumplimiento del Criterio 4 en todos los sectores, referido a % de pozos secos al fin del periodo.

En la Tabla 5-17 se presenta un resumen del cumplimiento de los Criterios de Sustentabilidad detallados previamente, a nivel de SHAC.

Tabla 5-17: Resumen cumplimiento Criterios de Sustentabilidad, Escenario Base

SHAC	Criterio 1^a	Criterio 1B	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4
Tres Cruces	-	Cumple	No aplica	Cumple	Cumple
Punta Colorada	No cumple	No cumple	No aplica	Cumple	Cumple
Los Choros Altos	No cumple	No cumple	No aplica	No cumple	Cumple
Los Choros Bajos	No cumple	No cumple	No aplica	No cumple	Cumple
Playa Los Choros	-	No cumple	No aplica	Cumple	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

5.2.6 Indicador hídrico

Para la evaluación de la brecha hídrica se han desarrollado Indicadores Hídricos por cuenca, denominados indicadores para la Sustentabilidad de acuíferos. Estos indicadores corresponden a aquellos criterios que componen la sustentabilidad de acuíferos, por lo tanto, se evaluará en los escenarios de gestión de variación de napa, volumen de acuífero y satisfacción de demanda. El objetivo de este indicador hídrico corresponde a tener una referencia visual y esquemática de la situación general del sistema y sus brechas, tanto de uso del recurso como de la sustentabilidad acuífera.

El detalle del cálculo de cada componente del indicador hídrico se encuentra en la sección 8.4. del Anexo H. A grandes rasgos, el objetivo es identificar la razón de cambio de las componentes respecto a su condición actual o promedio histórica.

En la Figura 5-14 se presentan los Indicadores Hídricos de cada SHAC en el escenario base. Se observa que el indicador con mayores cambios corresponde a la recarga, la que aumenta hasta en 47% (147% en total respecto del periodo histórico) en Tres Cruces. Lo anterior, se debe principalmente al aumento de la recarga por riego.

En Los Choros Altos es posible notar que tanto la demanda total, como la demanda de APR no es satisfecha en el escenario futuro, con una brecha de 0,16 Hm³. En la Figura 5-15 se presenta el gráfico con indicadores hídricos para la cuenca Río Los Choros.

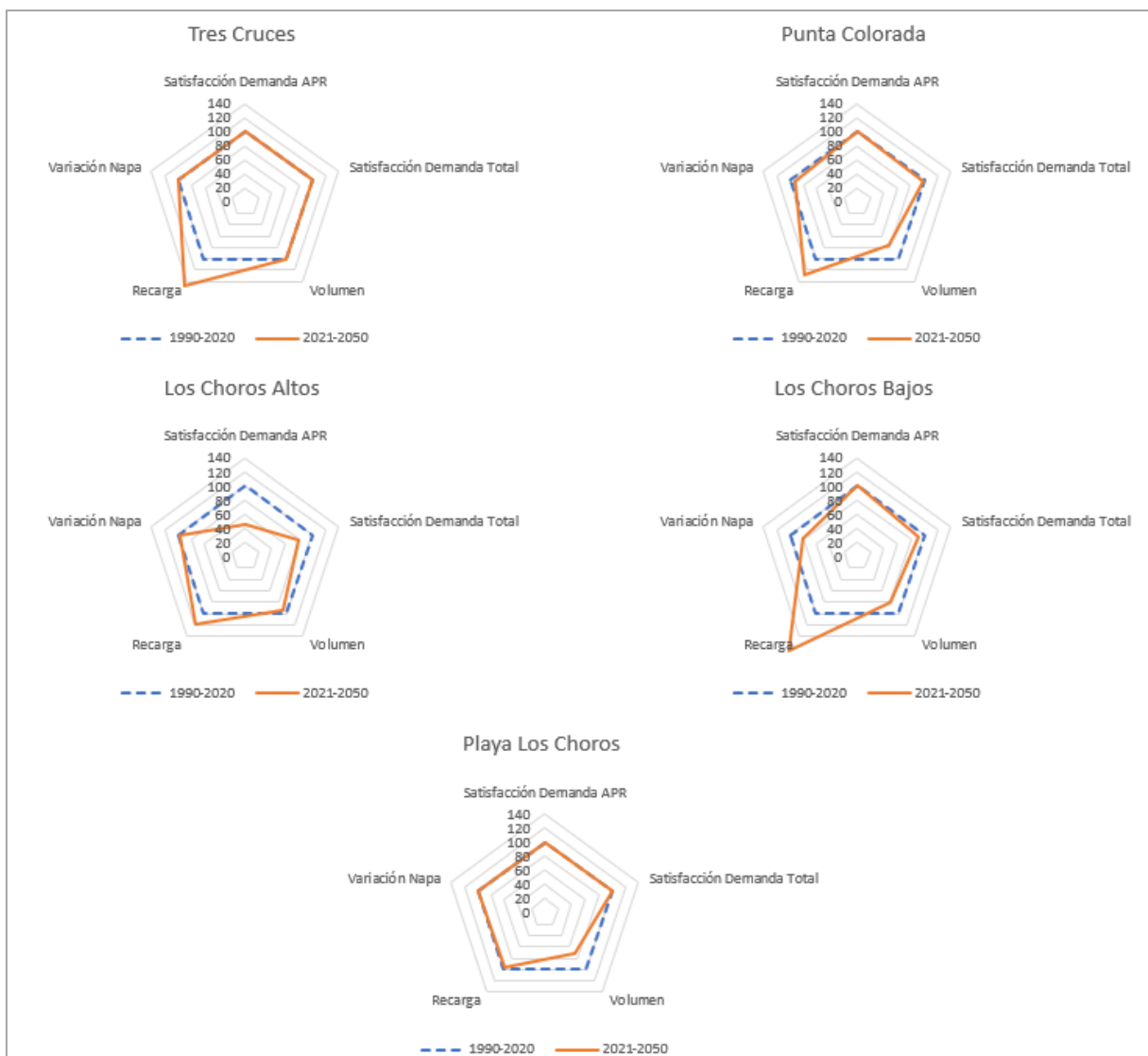


Figura 5-14: Indicadores hídricos de cada SHAC en Caso Base

Fuente: Elaboración propia.

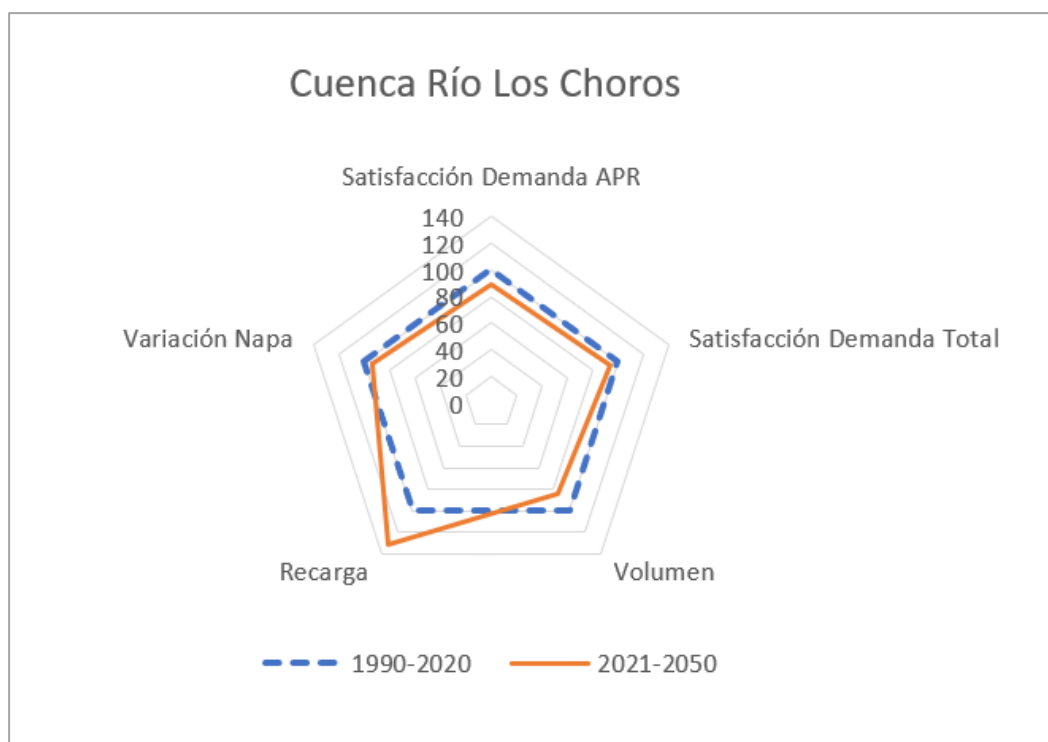


Figura 5-15: Indicadores hídricos Cuenca Río Los Choros en Caso Base.

Fuente: Elaboración propia.

5.3 ESCENARIOS DE GESTIÓN ESPECÍFICOS

Los escenarios de gestión específicos corresponden a iniciativas identificadas en trabajo conjunto con DGA, en base a la información recabada en las reuniones de Participación Ciudadana (PAC) (detalles en apartado 2.8 del informe final y Anexo I). De esta forma, en base a la información disponible por actores de la cuenca y entidades públicas, fue posible definir dos escenarios:

- Escenario 1 (E1) – Gestión de la oferta: Involucra recarga artificial de acuíferos mediante barreras transversales al escurrimiento e implementación de fuentes alternativas.
- Escenario 2 (E2) – Gestión de la demanda: Considera tecnificación del riego en sector de Los Choros, y reutilización de aguas grises.

Los siguientes apartados describen, en primera instancia, en qué consiste la implementación de estos escenarios para, posteriormente, proporcionar un diagnóstico técnico en términos del beneficio que cada alternativa representaría para la cuenca, de acuerdo con los resultados obtenidos con el modelo desarrollado.

Los escenarios de gestión (E1, E2), consideran como modelo base el escenario base, definido en la sección 5.1.2.2, sumando las iniciativas propias de cada escenario. En función a lo anterior, se resumen en la Tabla 5-18 los escenarios de gestión desarrollados, en cuanto a forzantes, demandas e iniciativas.

Tabla 5-18: Descripción de escenarios de gestión

Ítem	Descripción
Periodo de modelación	Ene 1989 – Dic 2050 (1989-2020 corresponde a modelo calibrado)
Periodo de evaluación	Ene 2021 – Dic 2050
Forzantes Ene 2021 – Dic 2050	MCG CSIRO
Demandas Ene 2021 – Dic 2050	Proyección de demandas a 2050
Escala	Diaria
Zonas de Balance	SHAC
Iniciativa desarrollada E1	Recarga artificial SHAC Punta Colorada, SHAC Los Choros Altos, SHAC Los Choros Bajos (desde año 2026)
	Fuentes adicionales: Planta desalinizadora y captación desde atrapanieblas (desde año 2032)
Iniciativa desarrollada E2	Tecnificación de riego en SHAC Los Choros Bajos (desde año 2026)
	Reutilización de aguas grises para riego (desde año 2032)

Fuente: Elaboración propia.

5.3.1 Escenario 1: Gestión de la oferta

Como se mencionó en la sección 5.3, este escenario (E1) considera las siguientes acciones:

- Recarga artificial de acuíferos mediante barreras transversales al escurrimiento
- Implementación de fuentes alternativas:
 - Planta desalinizadora
 - Captación desde atrapanieblas

La localización de las iniciativas anteriormente mencionadas se ilustra en la Figura 5-16.

La recarga artificial de acuíferos en este caso considera la construcción de barreras transversales al escurrimiento superficial (Figura 5-17), las cuales detienen el agua para favorecer la infiltración a través del lecho del río, mejorando el almacenamiento en acuíferos no confinados (CNR, 2020). Lo anterior mejora la infiltración natural del río, infiltrando parte del exceso de caudal cuyo destino usual es desembocar en el mar. Particularmente, el aporte de esta iniciativa fue estimado en una recarga adicional de 60 l/s aproximadamente.

Este método de recarga se considera una forma rentable de aumentar la recarga en ríos intermitentes -como es el caso del río Los Choros-, creando una serie de barreras o represas pequeñas (CNR, 2020). La iniciativa, dadas sus características, se proyecta en el mediano plazo y se modela en el presente escenario a partir del año 2026.

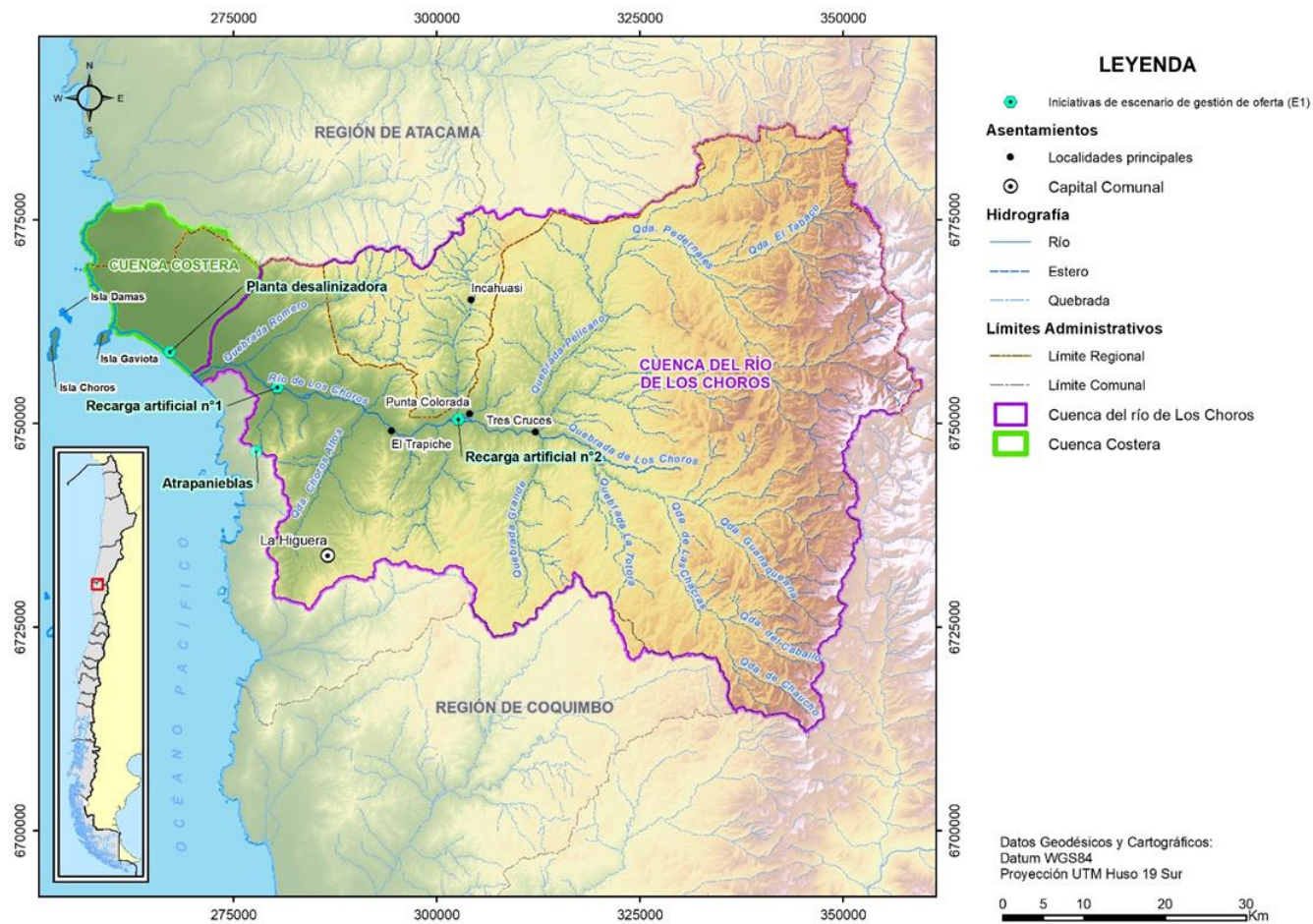


Figura 5-16: Localización de iniciativas para Escenario 1

Fuente: Elaboración propia.

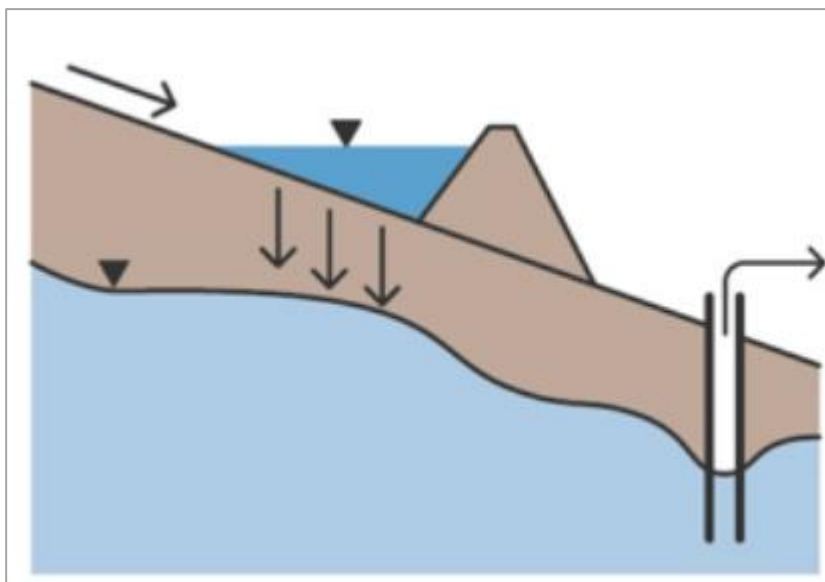


Figura 5-17: Ejemplo esquemático de estanques o barreras de percolación

Fuente: CNR (2020)

En paralelo, se considera la implementación de fuentes alternativas, que incluyen la construcción y puesta en operación de una planta desalinizadora, sumado a infraestructura que permita captar agua de niebla (atrapanieblas). La fuente adicional modelada considera un caudal de 77 l/s, cuyo valor fue determinado de la diferencia entre la recarga y extracción total para el periodo 1990-2020, a nivel de cuenca.

La iniciativa, dadas sus características, se proyecta en el largo plazo y se modela en el presente escenario a partir del año 2032. Los detalles de la modelación en WEAP se pueden encontrar en el acápite 8.5.1. del Anexo H.

En relación con la modelación numérica en MODFLOW, el escenario 1 considera como modelo base el Escenario Base descrito en la sección 5.1.2.2, incorporando las iniciativas propias del escenario. La Tabla 5-19 resume las consideraciones generales del escenario de gestión de oferta desarrollado, en lo que respecta a forzantes, demandas e iniciativas implementadas.

La implementación en el modelo hidrogeológico numérico de la medida de gestión relacionada a la recarga artificial por barreras desde el año 2026 hasta el fin del periodo (2050) consideró una sub-zonificación de la superficie de recarga de río para los acuíferos afectados por esta medida. Estos son, AC-02 de Punta Colorada, AC-04 de Los Choros Altos y el AC-05 de Los Choros Bajos. El detalle de la zonificación se puede encontrar en la sección 6.2.3 del Anexo H.

**Tabla 5-19: Resumen antecedentes implementación del modelo numérico
Escenario 1**

Ítem	Descripción
Periodo de modelación	enero 2021 – diciembre 2050
Periodos de stress	360 SP
Forzantes 2021-2050	GCM CSIRO
Demandas 2021 -2050	Proyección de demandas a 2050
Escala	Mensual
Zonas de Balance	SHAC
Iniciativa desarrollada E1 – Recarga artificial (periodo 2026-2050)	Sub-zonificación tramos de recarga de río

Fuente: Elaboración propia.

5.3.1.1 Balance hídrico general

En lo que respecta al sistema subterráneo de la cuenca, en la Tabla 5-20 se presentan los resultados del balance hídrico general promedio para el periodo 2021-2050 del Escenario 1: Gestión de la oferta. Las entradas de flujo al sistema subterráneo están definidas por la recarga directa y recargas laterales, definidas previamente. Por otra parte, las salidas del sistema subterráneo corresponden a las extracciones por pozos de bombeo, demanda ambiental del borde costero, descarga al mar y demanda del humedal. En el caso especial del almacenamiento del sistema subterráneo, este actúa como un gran reservorio que compensa las diferencias entre las entradas y las salidas de flujo subterráneo; por lo que es capaz de aportar agua desde el volumen almacenado (vaciamiento del volumen almacenado) cuando las salidas de flujo subterráneo (o demandas) son superiores las entradas (oferta), lo que implica un “Delta Almacenamiento positivo”. En el caso contrario, cuando la magnitud de las entradas es superior a las salidas, el volumen almacenado recibe el flujo remanente (recarga del volumen almacenado) y se habla de un “delta almacenamiento negativo” pues hay una salida de flujo subterráneo sobrante hacia el volumen almacenado.

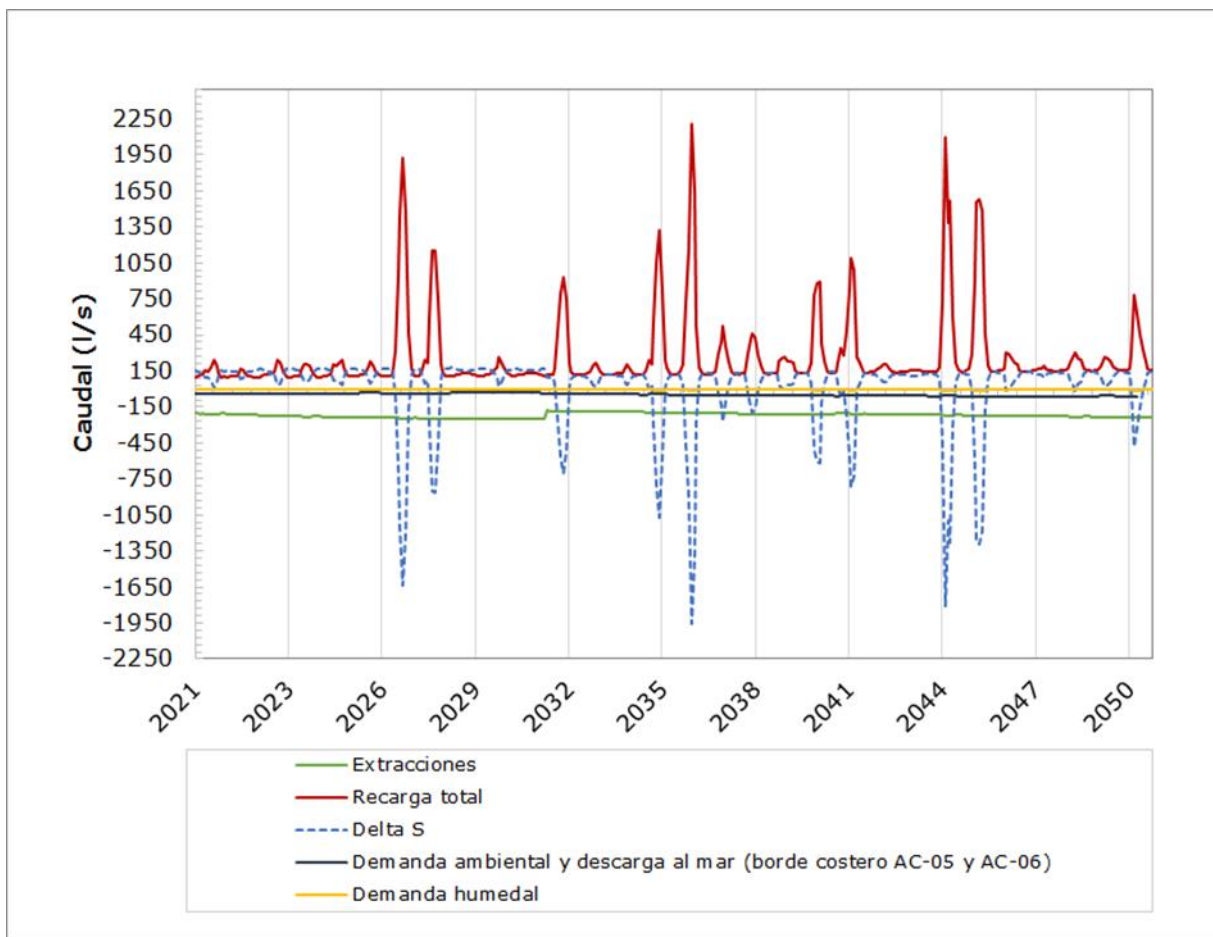


Figura 5-18: Balance hídrico general del modelo Escenario 1, periodo 2021-2050
Fuente: Elaboración propia.

5.3.1.2 Balance hídrico por SHAC

El balance hídrico por SHAC para el escenario 1 puede encontrarse en la sección 8.5.1.3. del Anexo H.

5.3.1.3 Niveles de agua subterránea

En general, los niveles de agua subterránea simulados para el periodo de modelación 2021-2050 en los puntos donde se ubican los pozos de la red de monitoreo muestran un comportamiento similar de niveles en un mismo SHAC.

Los gráficos de las Figura 5-19, Figura 5-20 y Figura 5-21 ilustran, para cada sector que cuenta con pozos de la red de monitoreo, la evolución temporal de los niveles simulados en el periodo 2021-2050 para el Escenario 1. Se observan variaciones positivas de nivel en algunos períodos influenciados por *peaks* de recarga. No obstante, el comportamiento general es una tendencia sostenida al descenso, cuyas bajas de niveles parecen estar condicionadas por el aumento de la demanda y extracciones en el sistema.

Producto de las medidas de gestión implementadas, en particular para el SHAC de Los Choros Bajos, se nota un leve aumento de los niveles en el tiempo y una recuperación de la napa subterránea.

A modo comparativo y para ver los efectos de las medidas implementadas en el Escenario 1, en la Tabla 5-22 se presentan las tasas de variación promedio de los pozos por SHAC entre la cota nivel (m s.n.m) del periodo diciembre 2020 y diciembre 2050 para el Escenario Base y Escenario 1. Producto de las medidas de gestión implementadas, se nota una variación en las tasas de descenso de los niveles en el tiempo respecto al Escenario Base en todos los SHAC. En particular para el SHAC de Punta Colorada (AC-02) y Los Choros Bajos (AC-05) se observa una variación significativa, pasando a tener una tasa de ascenso para el final del periodo. Lo anterior implicaría una disminución del vaciamiento del acuífero en el tiempo y el ascenso de niveles en la napa.

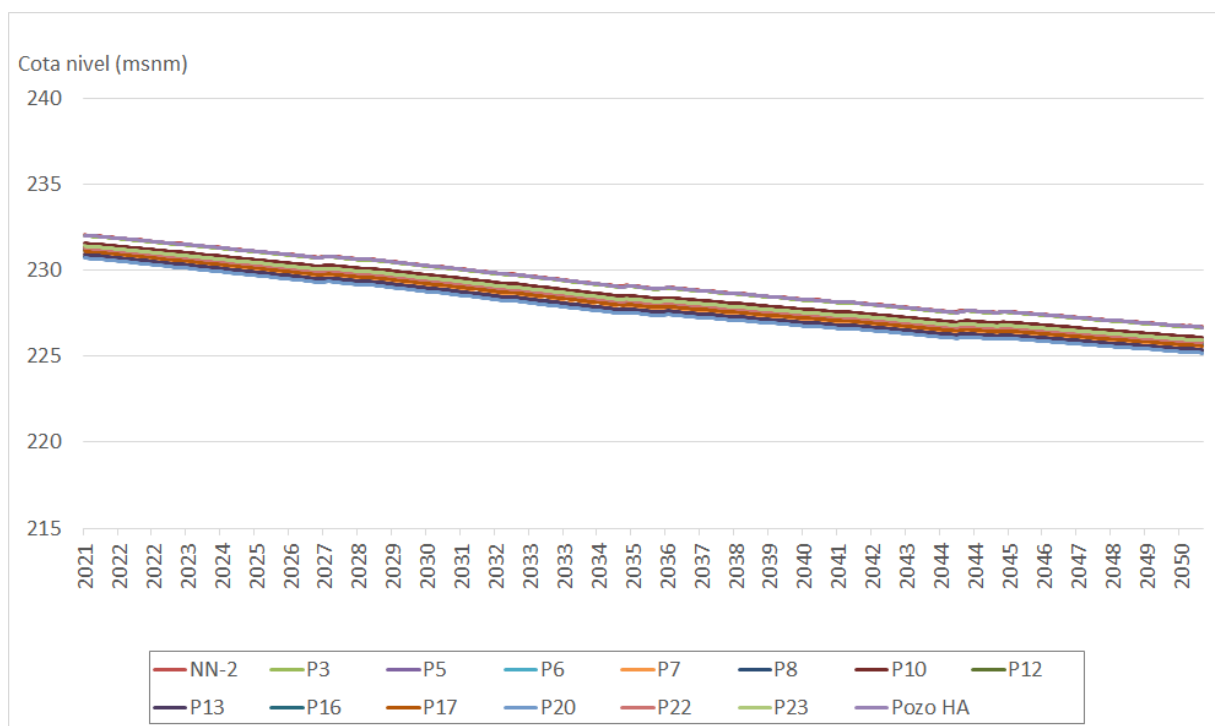


Figura 5-19: Cota niveles de agua subterráneas (msnm) en AC-03, SHAC Los Choros Altos, periodo 2021-2050

Fuente: Elaboración propia.

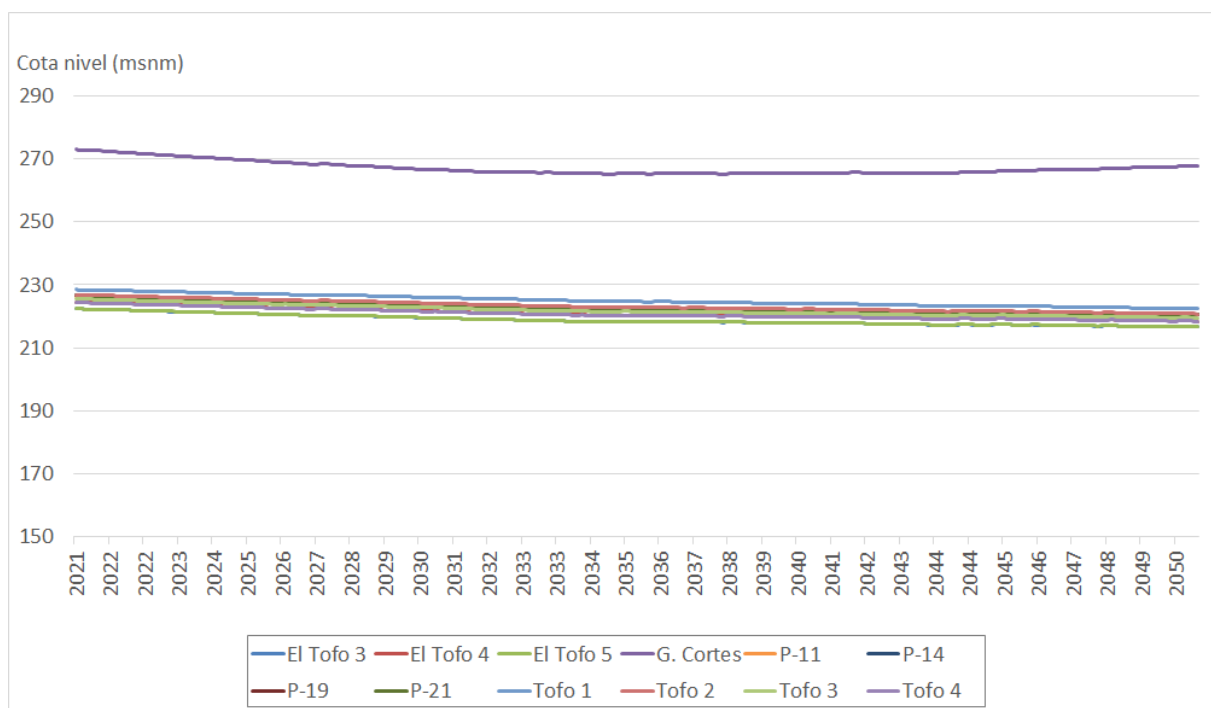


Figura 5-20: Cota niveles de agua subterráneas (msnm) en sector AC-04, SHAC Los Choros Altos, periodo 2021-2050

Fuente: Elaboración propia.

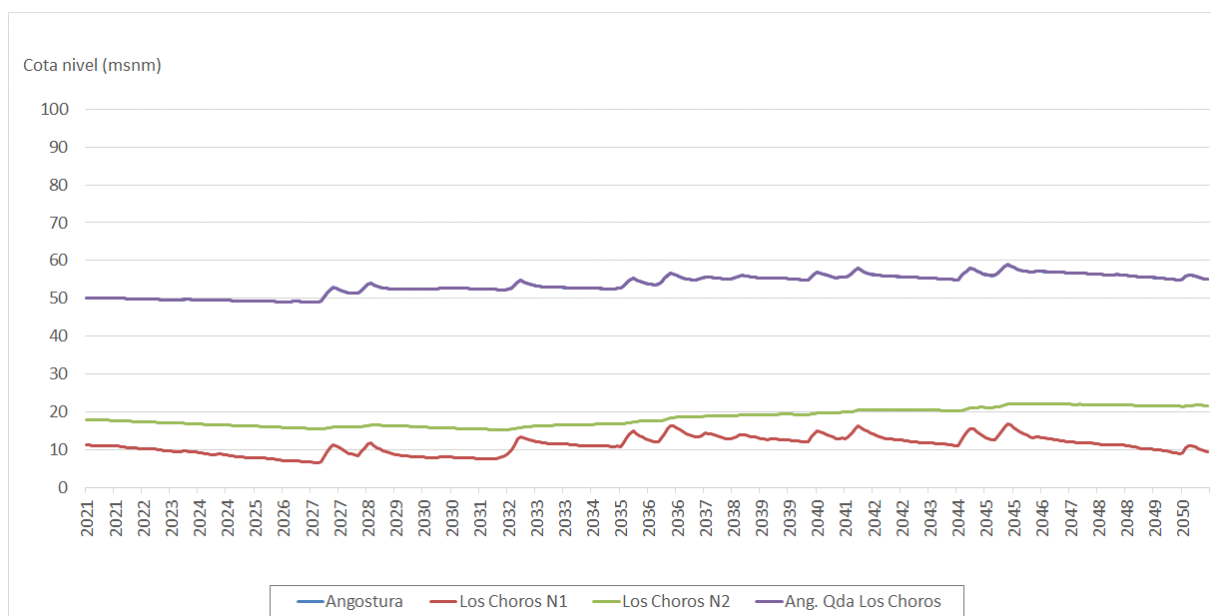


Figura 5-21: Cota niveles de agua subterráneas (msnm) en sector AC-05, SHAC Los Choros Bajos, periodo 2021-2050

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-22: Tasas de variación de niveles en el periodo 2021 – 2050 para Escenario 1

Acuífero	SHAC	Tasa de variación (m/año) *		Variación (m/año)
		Escenario 1	Caso Base	
AC-01	Tres Cruces	-	-	-
AC-02	Punta Colorada	(-) 0,01	(-) 0,77	(+) 0,76
AC-03	Los Choros Altos	(-) 0,18	(-) 0,22	(+) 0,04
AC-04		(-) 0,17	(-) 0,33	(+) 0,16
AC-05	Los Choros Bajos	(+) 0,09	(-) 0,27	(+) 0,36
AC-06	Playa Los Choros	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

* Nota: Valores de variación positivos (negativos) indican un aumento (descenso) de la cota de nivel para fin del periodo (diciembre 2050) respecto al nivel en la condición inicial (enero 2021)

5.3.1.4 Brechas

El cambio en la brecha de demanda por SHAC y total, ocasionado por la gestión de la oferta, se ilustra en la Tabla 5-23. La brecha de demanda industrial en Punta Colorada desaparece, mientras que en el caso de Los Choros Altos -cuya brecha en el escenario base corresponde a uso de APR- es disminuida a 0,01 Hm³/año (0,3 l/s aprox.).

El mayor déficit, asociado al SHAC Los Choros Bajos, es mejorado en 0,35 Hm³/año, aumentando su cobertura de 87% a 94%, como se observa en la Tabla 5-24. A escala de cuenca, en tanto, la cobertura aumenta de 90% a 96%.

Tabla 5-23: Brecha total promedio escenario base y escenario 1 (2021-2050)

Brecha Total (Hm ³ /año)	Naturaleza Brecha	2021-2050	
		EB	E1
Tres Cruces	N/A	0,00	0,00
Punta Colorada	Industrial	0,03	0,00
Los Choros Altos	APR	0,16	0,01
Los Choros Bajos	Riego	0,66	0,31
Playa Los Choros	N/A	0,00	0,00
Total		0,85	0,32

Fuente: Elaboración propia.

La evolución temporal de la brecha, comparada entre el escenario base y el escenario 1 se ilustra en la Figura 5-22. En ella se aprecia que gran parte del aumento de cobertura corresponde a la disminución de brecha agrícola en el SHAC Los Choros Bajos, de donde una parte se relaciona con el aumento en recarga en la parte superior del acuífero, siendo el aporte de la planta desaladora la acción que mayor implicancia tiene en la mejora en cobertura de la demanda. También queda de manifiesto que la planta desaladora acaba con la brecha de APR en Los Choros Altos, el año 2032.

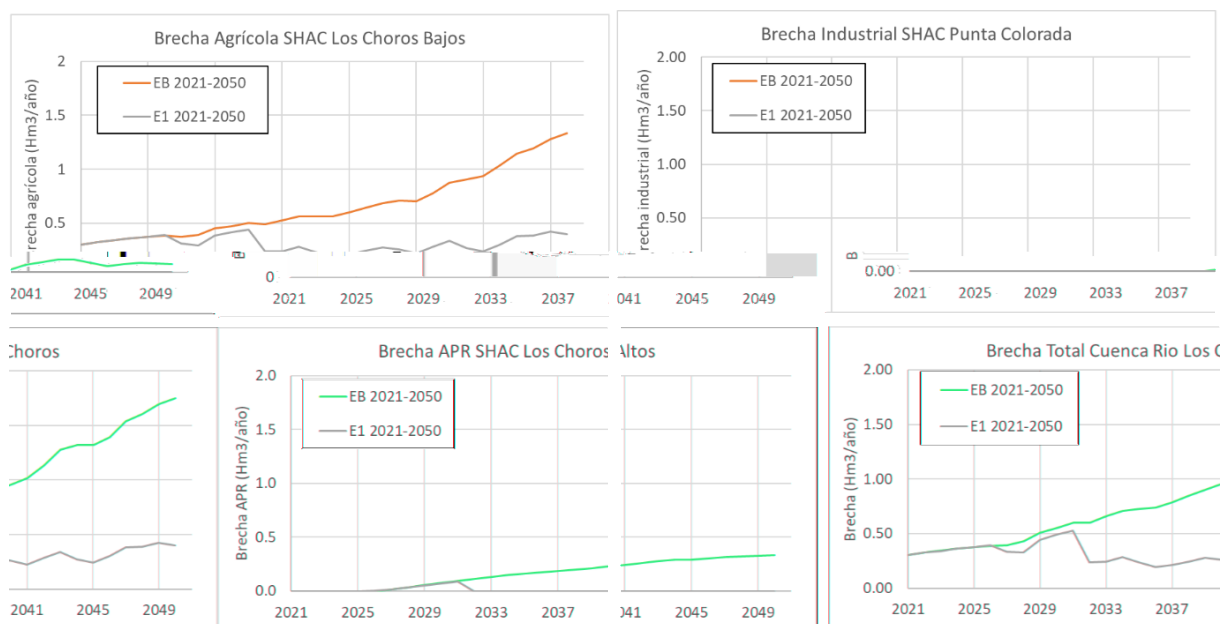


Figura 5-22: Evolución temporal brecha total periodo histórico escenario base versus escenario 1 (2021-2050)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-24: Cobertura total promedio escenario base y escenario 1 con gestión de oferta (2021-2050)

Cobertura Total (%)	2021-2050	
	EB	E1
Tres Cruces	100%	100%
Punta Colorada	98%	100%
Los Choros Altos	79%	99%
Los Choros Bajos	87%	94%
Playa Los Choros	100%	100%
Total	90%	96%

Fuente: Elaboración propia.

5.3.1.5 Indicador hídrico

Los indicadores hídricos con gestión de oferta obtenidos se pueden observar en el acápite 8.5.1.6 del Anexo H.

5.3.2 Escenario 2: Gestión de la demanda

Como se mencionó en la sección 5.3, este escenario (E2) considera las siguientes acciones:

- Considera tecnificación del riego en sector de Los Choros
- Reutilización de aguas grises.

La primera iniciativa nace de la brecha identificada en el sector agrícola del SHAC Los Choros Bajos, en donde predomina el riego no tecnificado (por surcos y por tendido), cuyos niveles de eficiencia varían entre 45 y 50% para un sistema bien operado (INIA,

2010). Esto es, de cada 100 litros que se aplican, quedan disponibles para las plantas entre 45 y 50, mientras que lo demás se evapora o recarga hacia el acuífero.

En consecuencia, se evalúa la implementación de una campaña de tecnificación de riego para este sector (demás sectores cuentan con riego tecnificado en su mayoría, por ej. Agricultura de Parrones en Tres Cruces), que permita aumentar la eficiencia en el uso del agua y disminuya la demanda del recurso, extraído en su totalidad desde el acuífero subyacente. La eficiencia de riego tecnificado es muy alta: 90 a 95% para riego por goteo, y 85% con microaspersión (Liotta et. Al, 2015). La iniciativa, dadas sus características, se proyecta en el mediano plazo y se modela en el presente escenario a partir del año 2026. Por ende, y según la proyección de áreas regadas, esto implicaría la tecnificación de aproximadamente 110 ha para el año mencionado.

Por otra parte, se considera la iniciativa que busca la implementación de sistemas de reutilización de aguas grises y tratadas. El objetivo de esta acción corresponde a disponer el 50% de las aguas grises generada en los domicilios (equivalentes a 250.000 m³/año, aprox. 8 l/s, al año 2050), para un posterior tratamiento, que permita la utilización del agua en el riego de predios, sujeto a las condiciones de calidad que determina la ley NCh 1333. La iniciativa, dadas sus características, se proyecta en el largo plazo y se modela en el presente escenario a partir del año 2032.

Los detalles de la modelación en WEAP se pueden encontrar en el acápite 8.5.2. del Anexo H.

En relación con el modelo numérico MODFLOW, el escenario 2 considera como modelo base el Escenario Base descrito en la sección 5.1.2.2., incorporando las iniciativas propias del escenario.

La Tabla 5-25 resume las consideraciones generales del escenario de gestión de demanda desarrollado, en lo que respecta a forzantes, demandas e iniciativas implementadas.

La implementación de las acciones en la gestión de demandas en el modelo hidrogeológico numérico solo considera un cambio en las series de recarga y extracciones ingresadas. Estas medidas, tecnificación de riego en AC-05 y reutilización de aguas grises, se ven reflejados en los flujos desde el año 2026 y 2032, respectivamente.

**Tabla 5-25: Resumen antecedentes implementación del modelo numérico
Escenario 2**

Ítem	Descripción
Periodo de modelación	enero 2021 – diciembre 2050
Periodos de stress	360 SP
Forzantes 2021-2050	GCM CSIRO
Demandas 2021 -2050	Proyección de demandas a 2050
Escala	Mensual
Zonas de Balance	SHAC
Iniciativas desarrolladas E2 – Tecnificación de riego (periodo 2026-2050)	Variación en series de recarga y extracciones desde año 2026
Iniciativas desarrolladas E2 – Reutilización de aguas grises (periodo 2032-2050)	Variación en series de extracciones desde año 2032

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2.1 Balance hídrico general

En lo que respecta al sistema subterráneo de la cuenca, en la Tabla 5-26 se presentan los resultados del balance hídrico general promedio para el periodo 2021-2050 del Escenario 2: Gestión de demandas. Las entradas de flujo al sistema subterráneo están definidas por la recarga directa y recargas laterales definidas previamente. Por otra parte, las salidas del sistema subterráneo corresponden a las extracciones por pozos de bombeo, demanda ambiental del borde costero, descarga al mar y demanda del humedal.

En el caso especial del almacenamiento del sistema subterráneo, este actúa como un gran reservorio que compensa las diferencias entre las entradas y las salidas de flujo subterráneo; por lo que es capaz de aportar agua desde el volumen almacenado (vaciamiento del volumen almacenado) cuando las salidas de flujo subterráneo (o demandas) son superiores las entradas (oferta), lo que implica un "Delta Almacenamiento positivo".

En el caso contrario, cuando la magnitud de las entradas es superior a las salidas, el volumen almacenado recibe el flujo remanente (recarga del volumen almacenado) y se habla de un "delta almacenamiento negativo" pues hay una salida de flujo subterráneo sobrante hacia el volumen almacenado.

Tabla 5-26: Balance hídrico general del modelo (l/s) Escenario 2: Gestión de demandas (periodo 2021-2050)

Entradas	Valor (l/s)
Recarga directa	130,1
Recarga lateral	29,0
Almacenamiento entrada	125,5
Delta Almacenamiento (+)	66,8
Salidas	Valor (l/s)
Pozos bombeo	200,6
Drenes	25,4
Almacenamiento salida	58,8
Total entradas	225,9
Total salidas	226,0
Error	0,0%

Fuente: Elaboración propia.

La variación promedio en l/s entre el modelo de Escenario Base y el Escenario 2 de Gestión de demandas para el periodo 2021-2050, se ilustra en la Tabla 5-27. El flujo por recarga directa al sistema disminuye cerca de un 24% (43,4 l/s aprox.) respecto a la recarga ingresada en el escenario base. Por otra parte, la recarga de flujo lateral subterráneo se mantiene constante entre el escenario base y el Escenario 2. En relación con las salidas del sistema subterráneo, existe una disminución promedio en el periodo 2021-2050 de un 20% equivalente a 51,9 l/s en las extracciones de los pozos de bombeo y un aumento de 1,1 l/s en las salidas por drenes (demanda de humedal y salidas del borde costero hacia el mar). Lo anterior se ve reflejado en la variación de almacenamiento del sistema, el cual es disminuido en 7,5 l/s entre ambos escenarios. Es decir, hay una recarga del volumen almacenado en el sistema subterráneo.

De manera de tener una visión integral de las componentes que forman el balance hídrico subterráneo, en la Figura 5-23 se ilustra la evolución temporal de los flujos de entrada y salida del sistema subterráneo para el periodo de modelación a nivel de cuenca.

Tabla 5-27: Variación en l/s entre el Escenario 2: Gestión de la demanda y el Escenario Base

Entradas	EB (l/s)	E2 (l/s)	Variación (l/s)
Recarga directa	173,5	130,1	-43,4
Recarga lateral	29,0	29,0	0,0
Delta Almacenamiento (+)	70,9	64,9	-6,0
Entradas	EB (l/s)	E2 (l/s)	Variación (l/s)
Extracciones por pozos de bombeo	251,1	200,3	-50,8
Demanda ambiental y descarga al mar	22,4	23,9	1,5
Total entradas	273,4	224,1	-49,3
Total salidas	273,5	224,2	-49,3
Error	0,0	0,0	0,0

Fuente: Elaboración propia.

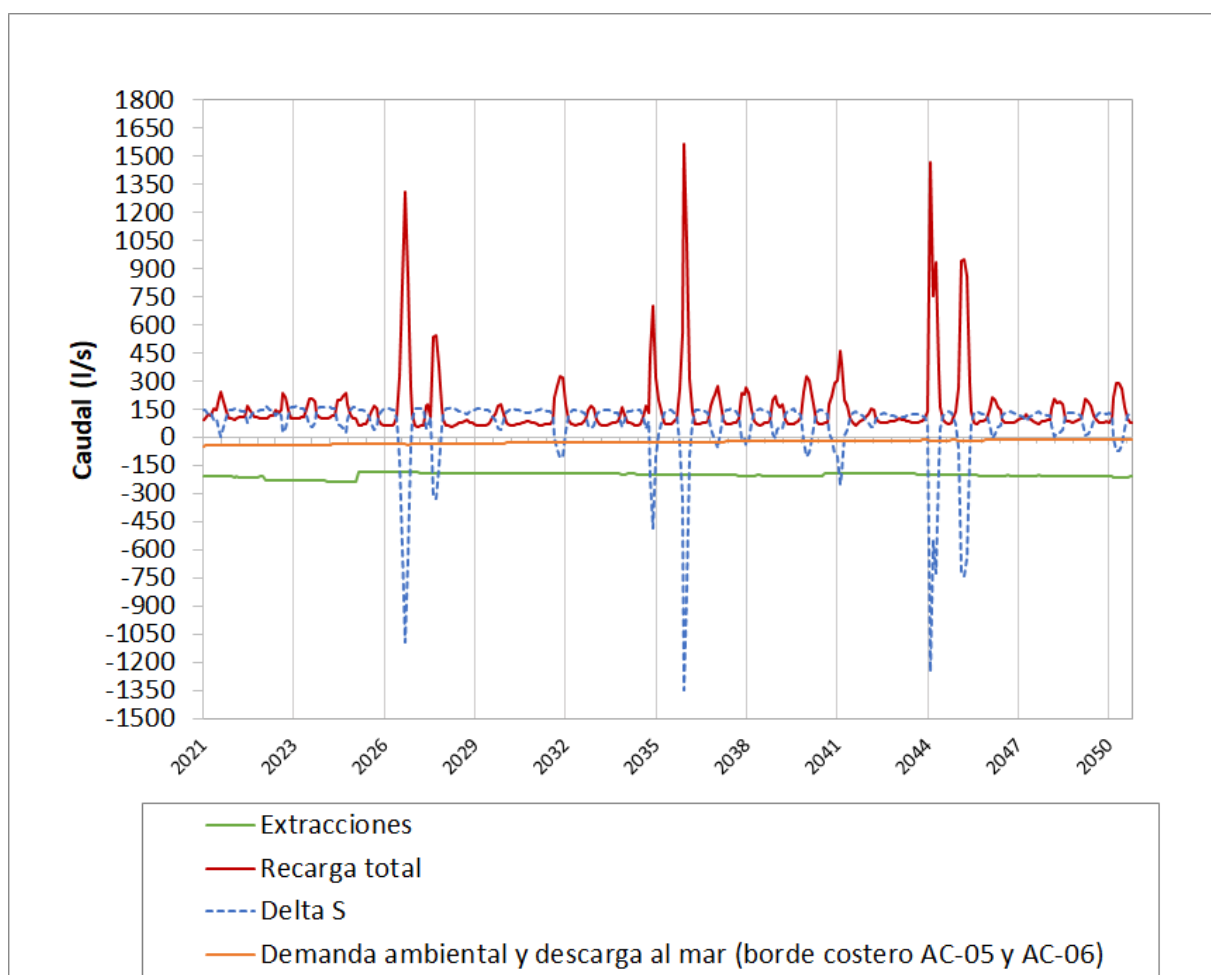


Figura 5-23: Balance hídrico general del modelo Escenario 2, periodo 2021-2050

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2.2 Balance hídrico por SHAC

El balance hídrico por SHAC para el escenario 2 puede encontrarse en la sección 8.5.2.3. del Anexo H.

5.3.2.3 Niveles de agua subterránea

En general, los niveles de agua subterránea simulados para el periodo de modelación 2021-2050 en los puntos donde se ubican los pozos de la red de monitoreo muestran un comportamiento similar de niveles en un mismo SHAC.

Los gráficos de las Figura 5-24, Figura 5-25 y Figura 5-26 muestran, para cada sector que cuenta con ubicación de pozos de la red de monitoreo, la evolución temporal de los niveles simulados en el periodo 2021-2050 para el Escenario 2. Se muestran variaciones positivas de nivel en algunos períodos influenciados por *peaks* de recarga. No obstante, el comportamiento general en todos los SHAC queda definido por una tendencia sostenida al descenso, cuyas bajas de niveles parecen estar condicionadas por el aumento de la demanda y extracciones en el sistema.

A modo comparativo y para ver los efectos de las medidas implementadas en el Escenario 2, en la Tabla 5-28 se presentan las tasas de variación promedio de los pozos por SHAC entre la cota nivel (msnm) del periodo diciembre 2020 y diciembre 2050 para el Escenario Base y Escenario 2. Producto de las medidas de gestión implementadas, en particular para el SHAC de Punta Colorada (AC-02) y Los Choros Bajos (AC-05), se nota una variación en las tasas de descenso de los niveles en el tiempo respecto al Escenario Base, de -0,07 m/año y -0,11 m/año, respectivamente. Lo anterior implicaría una ralentización en el vaciamiento del acuífero en el tiempo y en el descenso de niveles en la napa.

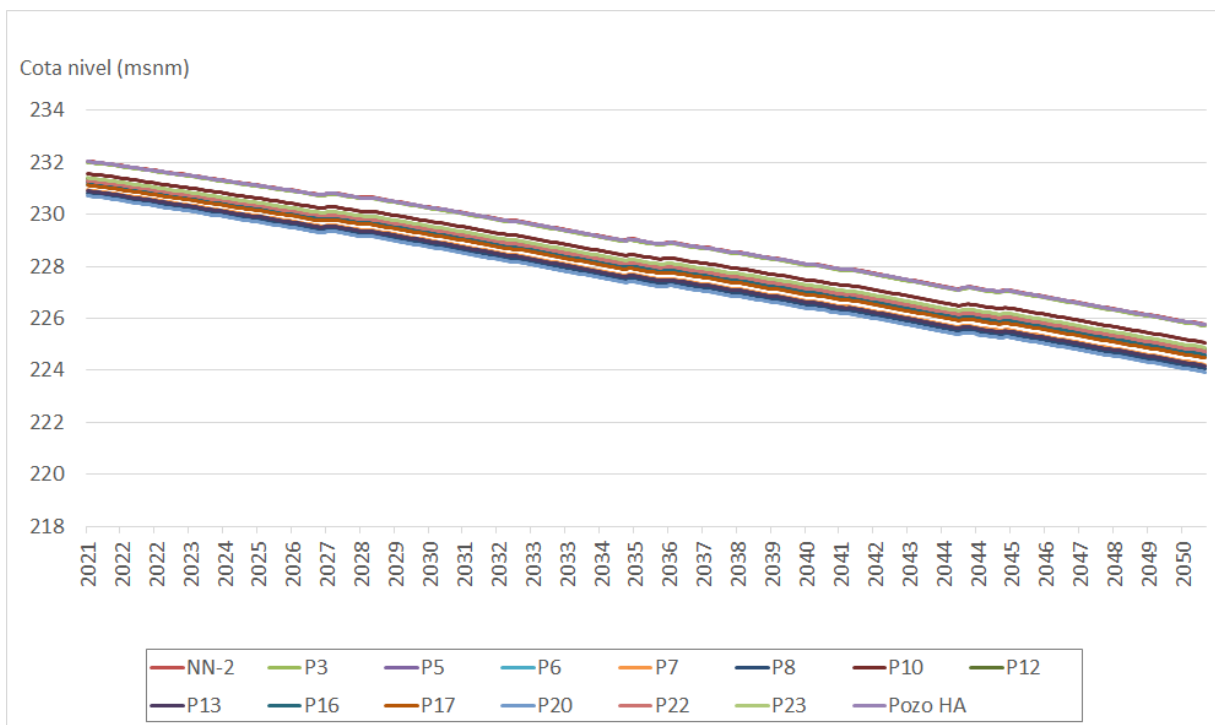


Figura 5-24: Cota niveles de agua subterráneas (msnm) en AC-03, SHAC Los Choros Altos, periodo 2021-2050

Fuente: Elaboración propia.

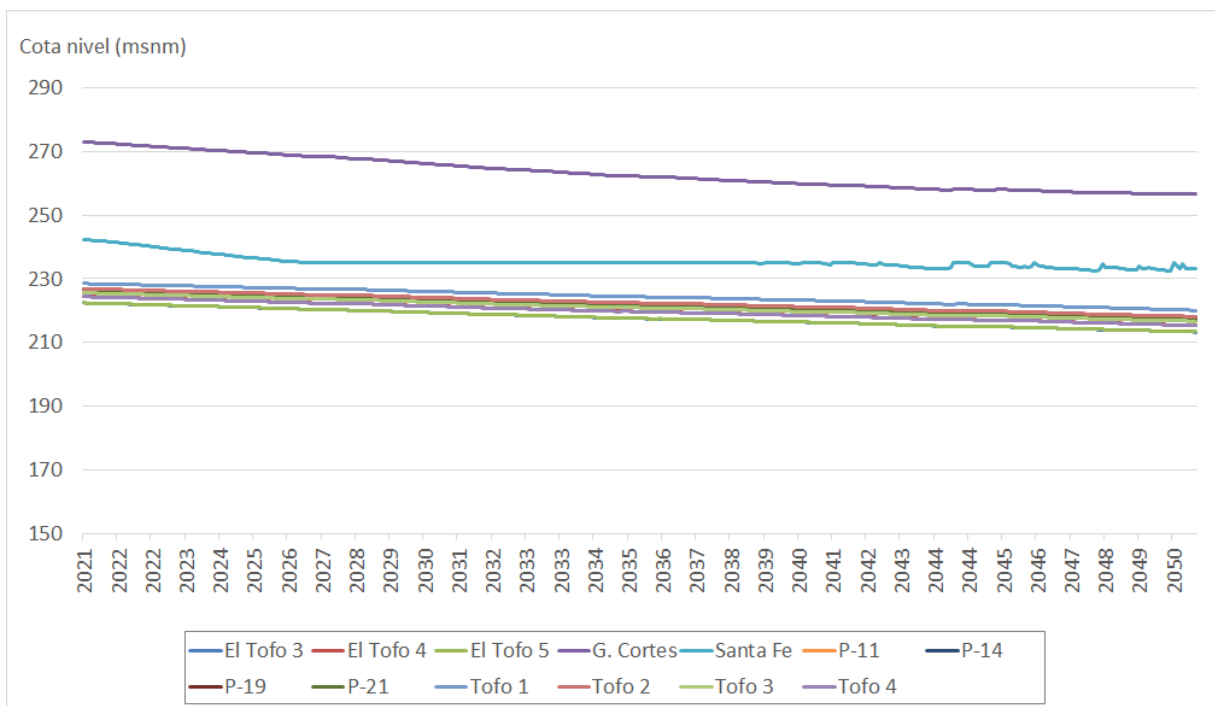


Figura 5-25: Cota niveles de agua subterráneas (msnm) en sector AC-04, SHAC Los Choros Altos, periodo 2021-2050

Fuente: Elaboración propia.

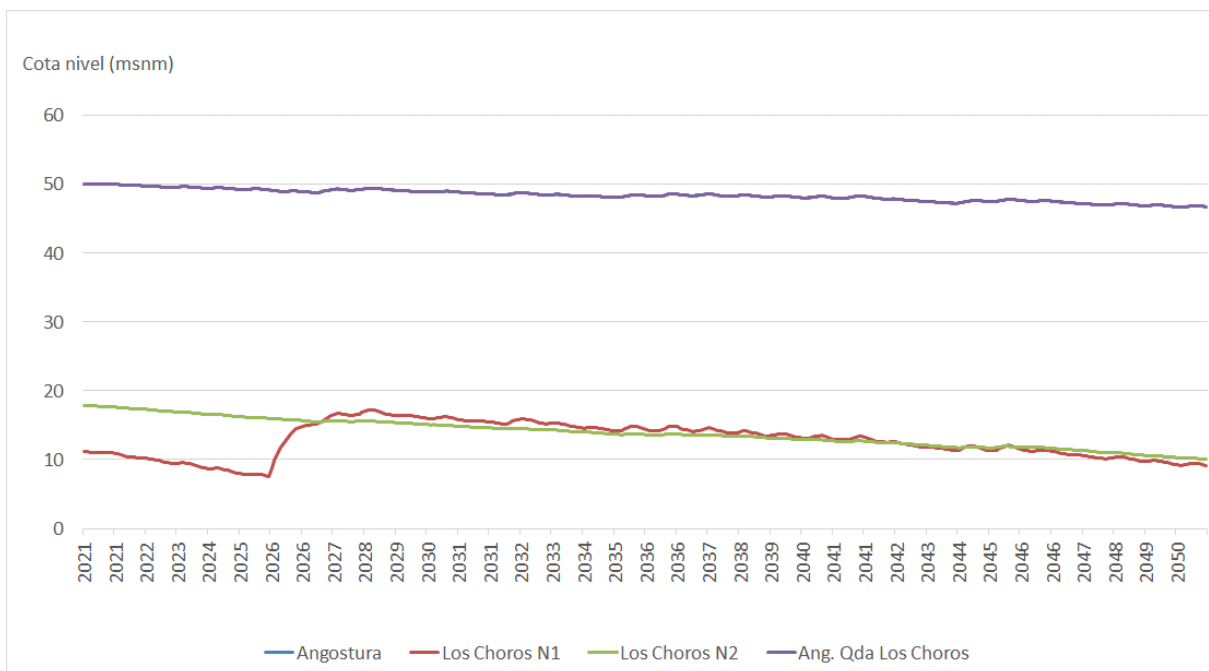


Figura 5-26: Cota niveles de agua subterráneas (msnm) en sector AC-05, SHAC Los Choros Bajos, periodo 2021-2050

Fuente: Elaboración propia.

El detalle de los niveles de agua subterráneo por pozos para el Escenario 2 se presenta en el ANEXO H.8.

Tabla 5-28: Tasas de variación de niveles en el periodo 2021 – 2050 para Escenario 2

Acuífero	SHAC	Tasa de variación (m/año) *		Variación (m/año)
		Escenario 2	Caso Base	
AC-01	Tres Cruces	-	-	-
AC-02	Punta Colorada	(-) 0,74	(-) 0,77	(+) 0,03
AC-03	Los Choros Altos	(-) 0,22	(-) 0,22	0,00
AC-04		(-) 0,32	(-) 0,33	(-) 0,01
AC-05	Los Choros Bajos	(-) 0,14	(-) 0,27	(+) 0,13
AC-06	Playa Los Choros	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

* Nota: Valores de variación positivos (negativos) indican un aumento (descenso) de la cota de nivel para fin del periodo (diciembre 2050) respecto al nivel en la condición inicial (dic. 2020).

5.3.2.4 Brechas

El cambio en la brecha de demanda por SHAC y total, ocasionado por la gestión de la demanda, se ilustra en la Tabla 5-29. La brecha de demanda industrial en Punta Colorada disminuye a 0,01 Hm³/año (0,3 l/s aprox.), mientras que en el caso del déficit asociado al bombeo del sistema APR (en el SHAC Los Choros Altos), las medidas no permiten reducir la brecha. Esto pues la gestión en este escenario se realiza sobre la reutilización de aguas

grises desde los sistemas APR, en consecuencia, mejorando la brecha en otros usos y en la sustentabilidad del acuífero.

En contraste, la gestión de demanda queda en evidencia con la disminución de la brecha en el SHAC Los Choros Bajos, mejorando en 0,47 Hm³/año, y aumentando su cobertura de 87% a 96% (2% mayor que gestionando la oferta), como se observa en la Tabla 5-30. A escala de cuenca, en tanto, la cobertura aumenta de 90% a 96%, de la misma manera que en el escenario 1.

Tabla 5-29: Brecha total promedio escenario base y escenario 2 (2021-2050)

Brecha Total (Hm ³ /año)	Naturaleza Brecha	2021-2050	
		EB	E2
Tres Cruces	N/A	0,00	0,00
Punta Colorada	Industrial	0,03	0,01
Los Choros Altos	APR	0,16	0,15
Los Choros Bajos	Riego	0,66	0,19
Playa Los Choros	N/A	0,00	0,00
Total		0,85	0,36

Fuente: Elaboración propia.

La evolución temporal de la brecha, comparada entre el escenario base y el escenario 2 se ilustra en la Figura 5-27. El SHAC Los Choros Bajos es donde más se nota el aumento en cobertura, asociado a la tecnificación del riego desde el 2026. En los otros usos, existe una leve disminución de la brecha, asociada principalmente a las mejoras en las condiciones del acuífero.

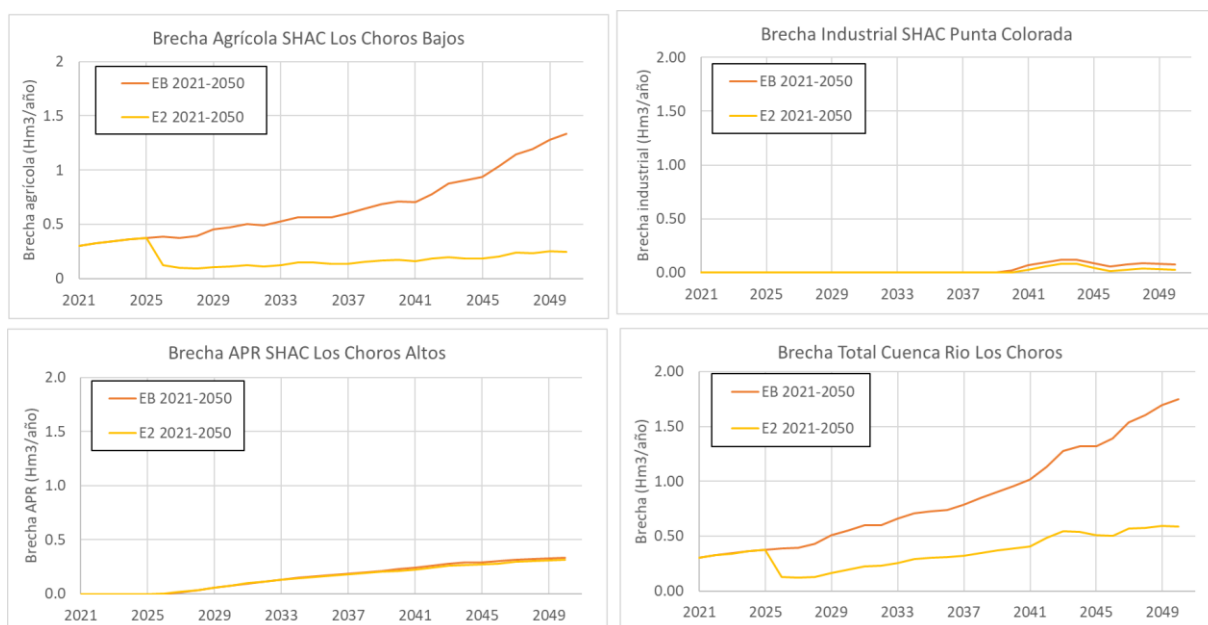


Figura 5-27: Evolución temporal brecha total periodo histórico escenario base versus escenario 2 (2021-2050)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-30: Cobertura total promedio escenario base y escenario 2 con gestión de oferta (2021-2050)

Cobertura Total (%)	2021-2050	
	EB	E2
Tres Cruces	100%	100%
Punta Colorada	98%	99%
Los Choros Altos	79%	80%
Los Choros Bajos	87%	96%
Playa Los Choros	100%	100%
Total	90%	96%

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2.5 Indicador hídrico

Los indicadores hídricos con gestión de demanda obtenidos se pueden observar en el acápite 8.5.2.6. del Anexo H.

5.3.3 Escenario 3: Gestión conjunta

El escenario de gestión conjunta representa un ejercicio en donde se consideran tanto la gestión sobre la oferta (Escenario 1), como sobre la demanda (Escenario 2). La idea de este escenario es evaluar su capacidad para disminuir la brecha de mejor forma que cada gestión individual.

5.3.3.1 Antecedentes generales

El Escenario 3 considera tanto las medidas adoptadas en el Escenario 1 como en el Escenario 2.

5.3.3.2 Balance hídrico general

En lo que respecta al balance hídrico subterráneo de la cuenca, en la Tabla 5-31 se presentan los resultados del balance hídrico general promedio para el periodo 2021-2050 del Escenario 3. Las entradas de flujo al sistema subterráneo están definidas por la recarga directa y recargas laterales definidas previamente. Por otra parte, las salidas del sistema subterráneo corresponden a las extracciones por pozos de bombeo, demanda ambiental del borde costero, descarga al mar y demanda del humedal.

En el caso especial del almacenamiento del sistema subterráneo, este actúa como un gran reservorio que compensa las diferencias entre las entradas y las salidas de flujo subterráneo; por lo que es capaz de aportar agua desde el volumen almacenado (vaciamiento del volumen almacenado) cuando las salidas de flujo subterráneo (o demandas) son superiores las entradas (oferta), lo que implica un "Delta Almacenamiento positivo". En el caso contrario, cuando la magnitud de las entradas es superior a las salidas, el volumen almacenado recibe el flujo remanente (recarga del volumen almacenado) y se habla de un "delta almacenamiento negativo" pues hay una salida de flujo subterráneo sobrante hacia el volumen almacenado.

Las series de recargas y extracciones ingresadas al modelo se detallan en el ANEXO-H.1.

Tabla 5-31: Balance hídrico general del modelo (l/s) Escenario 3: Gestión integrada (periodo 2021-2050)

Entradas	Valor (l/s)
Recarga directa	189,5
Recarga lateral	29,0
Salidas	Valor (l/s)
Pozos bombeo	159,1
Descarga al mar y humedal	49,2
Delta Almacenamiento (-)	10,4
Total entradas	208,2
Total salidas	208,3
Error	0,0%

Fuente: Elaboración propia.

El detalle de las series de flujos del balance de agua subterráneo para el Escenario 3 se presenta en el ANEXO H.2.

La variación promedio en l/s entre el modelo de Escenario Base y el Escenario 3 de Gestión integrada para el periodo 2021-2050, se ilustra en la Tabla 5-32. El flujo por recarga directa al sistema aumenta cerca de un 9% (16 l/s) respecto a la recarga ingresada en el escenario base. Por otra parte, la recarga de flujo lateral subterráneo se mantiene constante entre el escenario base y el Escenario 3. En relación con las salidas del sistema subterráneo, existe una disminución promedio en el periodo 2021-2050 de un 37% equivalente a 92 l/s en las extracciones de los pozos de bombeo y un aumento de 26,8 l/s en las salidas por drenes (demanda de humedal y salidas del borde costero hacia el mar). Lo anterior se ve reflejado en la variación de almacenamiento del sistema, el cual es disminuido en 81,3 l/s entre ambos escenarios. Es decir, hay una recarga del volumen almacenado en el sistema subterráneo.

Tabla 5-32: Variación en l/s entre el Escenario 3 y el Escenario Base

Entradas	EB (l/s)	E3 (l/s)	Variación (l/s)
Recarga directa	173,5	189,5	16,0
Recarga lateral	29,0	29,0	0,0
Delta Almacenamiento (+)	70,9	-	-
Entradas	EB (l/s)	E3 (l/s)	Variación (l/s)
Pozos bombeo	251,1	159,1	-92,0
Drenes	22,4	49,2	26,8
Delta Almacenamiento (-)	-	-10,4	-81,3
Total entradas	273,4	208,2	-49,3
Total salidas	273,5	208,3	-49,3
Error	0,0	0,0%	0,0

Fuente: Elaboración propia.

De manera de tener una visión integral de las componentes que forman el balance hídrico subterráneo, en la Figura 5-28 se ilustran la evolución temporal de los flujos de entradas y salidas del sistema subterráneo para el periodo de modelación a nivel de cuenca.

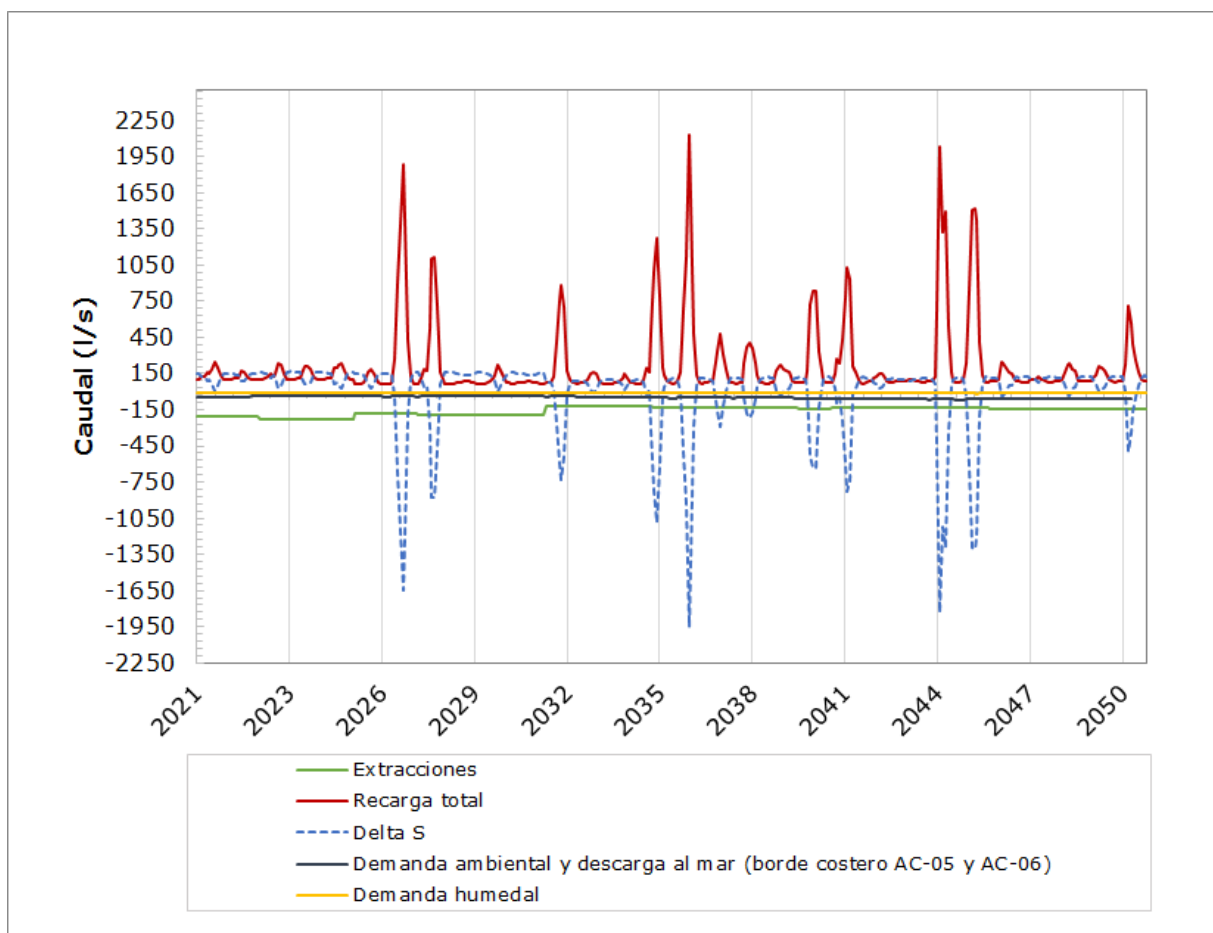


Figura 5-28: Balance hídrico general del modelo Escenario 3, periodo 2021-2050

Fuente: Elaboración propia.

5.3.3.3 Balance hídrico por SHAC

El balance hídrico por SHAC para el escenario 3 puede encontrarse en la sección 8.5.3.3. del Anexo H.

5.3.3.4 Niveles de agua subterránea

El detalle respecto a los niveles de agua subterránea simulados para el escenario 3 de Gestión Conjunta se encuentra en la sección 8.5.3.4. del Anexo H.

5.3.3.5 Brechas

La gestión conjunta de oferta y demanda del recurso hídrico en la cuenca del río Los Choros genera una disminución de la brecha como puede observarse en la Tabla 5-33. Tanto en Punta Colorada como en Los Choros Altos se nota el efecto del escenario 1, mientras que en el caso del SHAC Los Choros Bajos se percibe el efecto conjunto de los

escenarios de gestión de oferta y de gestión de demanda, con una brecha promedio de 0,10 Hm³/año (3,2 l/s) para el periodo futuro (menor que los 0,31 y 0,19 Hm³/año de los otros escenarios).

Por otro lado, al analizar la brecha al último año simulado (2050), se tiene solo asociado al uso de riego en el SHAC Los Choros Bajos, con un valor de 0,04 Hm³/año (1,3 l/s). La evolución temporal de la brecha en cada caso se puede observar en la Figura 5-29.

Tabla 5-33: Brecha total promedio escenario base y escenario 3 (2021-2050)

Brecha Total (Hm ³ /año)	Naturaleza brecha	1991-2020	2021-2050	2021-2050	2050
			EB	E3	
Tres Cruces	N/A	0,00	0,00	0,00	0,00
Punta Colorada	Industrial	0,00	0,03	0,00	0,00
Los Choros Altos	APR	0,00	0,16	0,01	0,00
Los Choros Bajos	Riego	0,10	0,66	0,10	0,04
Playa Los Choros	N/A	0,00	0,00	0,00	0,00
Total		0,10	0,85	0,11	0,04

Fuente: Elaboración propia.

Los usos industrial y de agua potable (en los sectores de Punta Colorada y Los Choros Altos) son suplidos en un 100% luego de las iniciativas propuestas en ambos escenarios de gestión, mientras que en Los Choros Bajos se aprecia el efecto de disminución de brecha respecto a los escenarios de gestión por separado, alcanzando una cobertura casi completa al final de la simulación.

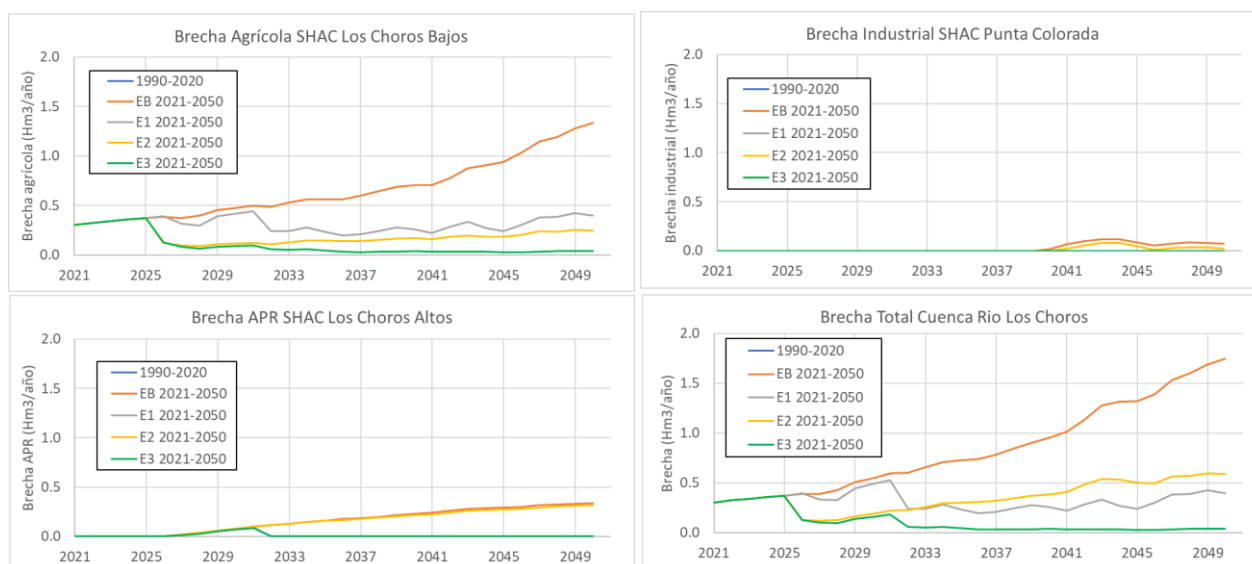


Figura 5-29: Evolución temporal brecha total periodo histórico escenario base versus escenarios de gestión (2021-2050)

Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior, se resume en los porcentajes de cobertura por SHAC comparativos entre el periodo histórico, el escenario base y el escenario con gestión conjunta (Tabla 5-34). En

los escenarios de gestión considerados previamente, se lograba una cobertura de 96% a escala de cuenca, mientras que en conjunto generan una cobertura de 99%, mejorando la condición histórica modelada (97%).

Tabla 5-34: Cobertura total promedio escenario base y escenario 3 con gestión conjunta (2021-2050)

Cobertura Total (%)	1991-2020	2021-2050	
		EB	E3
Tres Cruces	100%	100%	100%
Punta Colorada	100%	98%	100%
Los Choros Altos	100%	79%	99%
Los Choros Bajos	96%	87%	98%
Playa Los Choros	100%	100%	100%
Total	97%	90%	99%

Fuente: Elaboración propia.

5.3.3.6 Indicador hídrico

Los indicadores hídricos con gestión de demanda obtenidos se pueden observar en el acápite 8.5.3.6. del Anexo H.

5.4 BRECHAS DE MODELACIÓN

5.4.1 Modelo subterráneo

El modelo que representa el balance hídrico subterráneo del acuífero de Los Choros ha sido construido en Groundwater Vistas utilizando el código numérico MODFLOW USG.

Las principales recomendaciones para las futuras actualizaciones del modelo y posibles mejoras a incorporar para obtener resultados más precisos se detallan a continuación:

- De manera de definir y representar de forma adecuada la geometría de la interfaz salina en la línea de costa se recomienda contar con estudios geofísicos. Al aplicar metodologías de diagnóstico de exploración geofísica de resistividad eléctrica con mayor densidad y de alta sensibilidad para la exploración de agua subterránea en la zona costera, se podría definir de mejor manera la geometría en el modelo hidrogeológico numérico.
- Se recomienda contar con estudios de campo, sondajes (perforación de sondajes) en los sectores de mayor demanda. Esto debido a que, en zonas de demanda más expansiva, los pozos tienden a perder eficiencia en el bombeo, por lo que se vuelve relevante conocer a qué profundidad se encuentra el basamento y así conocer a priori la limitación de los pozos en cuanto a profundidad sin perder eficiencia. Con esta información se puede delimitar adecuadamente las zonas más intervenidas para ganar transmisividad al profundizar pozos.
- Contar con ensayos de bombeo en sectores de interés hidrogeológico y delimitar estos ensayos, ya que un factor relevante para reproducir el sistema hidrogeológico subterráneo es el almacenamiento. Por lo tanto, conocer cuál es la expansión del cono de descenso que existe, y así tener mejor sustentado los

valores para K y S, permitirán discretizar mejor los sectores donde la demanda es mayor.

- Contar con ensayos para las constantes elásticas en sectores representativos o que no se cuente con información directa. Se recomienda definir estrategias donde ubicar pozos de monitoreo para no tratar sectores, erróneamente, de forma homogénea.
- Se recomienda realizar análisis de sensibilidad e incertidumbre para los parámetros hidráulicos, dado que se tienen muchos sectores sin información (SHAC 1, 3 y 6). De esta manera se puede conocer en qué sectores los parámetros calibrados tienen una mayor sensibilidad y así comprobar que estén bien definidos. De esta manera se pueden alinear estrategias para definir realmente cuál es el peso de obtener data de terreno y así, enfocarse en las zonas que tienen un mayor valor hidrogeológico para el modelo numérico y el balance hídrico subterráneo.
- En línea con lo mencionado anteriormente, es importante contar con puntos de monitoreo y observación en todos los sectores acuíferos a evaluar de forma de contar con una data lo suficientemente robusta para la calibración de niveles y que los rangos de los flujos pasantes inter-acuíferos queden bien representados en los balances hídricos subterráneos.
- Se recomienda contar con un catastro base de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas que unifique las fuentes utilizadas en el modelo y así contar con información más precisa en cuanto a ubicación geográfica (coordenadas correctas) y conocer cuáles son las extracciones efectivas presentes en el sistema acuífero mediante pozos de bombeo. Además, se recomienda realizar un análisis de equivalencia entre DAA registrados en DGA en contraste con la información local de Juntas de Vigilancia u otros organismos locales.
- Es de utilidad verificar disponer de un mapa topográfico (por ejemplo, levantado mediante drones y apoyo terrestre) de todo el dominio del modelo, de forma de tener información precisa y válida para la calibración de niveles de agua.
- Finalmente, relacionado a la frecuencia de actualización, esta depende exclusivamente de los objetivos para los cuales se ocupará el modelo. No obstante, se recomienda actualizar con una frecuencia anual de manera de integrar data observada reciente en cuanto a demandas, derechos de aprovechamiento de aguas constituidos y recargas al sistema y así reproducir cualquier cambio relevante en el balance hídrico subterráneo significativo.

5.4.2 Modelo superficial

Se ha construido un modelo superficial semi distribuido utilizando la herramienta de cálculo de WEAP. Esta herramienta permite modelar los flujos de escorrentía y recarga hacia el sistema subterráneo, empleando forzantes hidrometeorológicas. Para este estudio las variables necesarias se obtienen del Balance Hídrico Nacional, la plataforma CR2 y del reanálisis atmosférico ERA-INTERIM.

Los datos mencionados anteriormente, poseen una distribución espacial que no es lo suficientemente refinada para lograr capturar los comportamientos específicos de las

características de cada región. Por lo que fueron escalados con registros de estaciones presentes en las zonas intermedias de la cuenca. Sin embargo, no se cuenta con estaciones en altura para verificar el comportamiento de las forzantes en zonas de montaña.

El modelo superficial no fue posible calibrarlo con datos observados en la cuenca, ya que no se cuenta con registros de escurrimiento. Por lo tanto, fue necesario recurrir a fotos capturadas durante eventos de crecidas proporcionadas por los habitantes de la zona de estudio. De esta forma, se compararon los resultados del modelo con las imágenes obtenidas.

La calibración es soportada principalmente por estudios anteriores, y al entendimiento que el balance de la cuenca era tal que cerca del 95% de la precipitación evapora, mientras que un porcentaje mínimo escurre o recarga los acuíferos presentes en la cuenca. Por lo anterior, la calibración con mayor relevancia en el estudio corresponde a la realizada con los niveles subterráneos.

A causa de las características de la cuenca Río Los Choros la recarga a los acuíferos posee bastante incertidumbre, ya que depende de las condiciones y parámetros del lecho del cauce, el que tiene un flujo no constante en el tiempo, que se activa en eventos que producen crecidas. Por lo tanto, la recarga estimada se basó principalmente en el ejercicio de ajuste con las extracciones y, además, que el balance neto represente, eventualmente, los descensos de niveles de la napa y la pérdida de almacenamiento del acuífero, en el caso en que corresponda.

Para lograr mejores resultados en futuras actualizaciones del estudio, se puede considerar la instalación de estaciones meteorológicas en lugares en las que no se cuentan actualmente como, por ejemplo, la zona alta de la cuenca. De esta forma, las forzantes ingresadas al modelo tendrán valores más cercanos a la realidad, tanto espacialmente como en magnitud. También, ayudaría a mejorar los resultados del modelo la realización de estudios en el lecho de los cauces. De esta forma, se podría conocer sus propiedades con mayor precisión y los resultados del modelo tendrían mayor sustento.

5.4.3 Interacción modelo superficial y modelo subterráneo

En relación con la interacción entre los modelos superficial desarrollado en WEAP y el modelo subterráneo en GWV, a continuación, se detallan las principales recomendaciones para el óptimo funcionamiento de la integración.

- Se recomienda tener claridad y determinar adecuadamente las demandas por sector acuífero en el modelo superficial, de forma de distribuirlas de manera precisa en los pozos de bombeos para ser ingresadas al modelo hidrogeológico numérico.
- Se aconseja revisar los flujos pasantes y extracciones efectivas en la primera iteración de los modelos WEAP-MODFLOW para comprobar que el modelo esté reproduciendo fielmente el sistema hidrogeológico y que, por ejemplo, ineficiencias en el sistema no se deban a una mala geometría o implementación del modelo numérico.

- Es relevante cumplir con los criterios de calibración y estadígrafos correspondientes, de ambos modelos de manera independiente de forma de asegurar el buen funcionamiento de cada uno por si mismo y así, facilitar que el modelo integrado reproduzca ambos sistemas de forma satisfactoria.
- Finalmente, es relevante definir a priori si se realiza un acople de ambos modelos de manera completa o solo una integración en los flujos, como es el caso de este estudio, ya que los modelos acoplados sólo permiten la ejecución del código MODFLOW para ciertos motores como MODFLOW 2000, MODFLOW 2005 y NWT, los que se caracterizan por definir mallas estructuradas, no así, el motor utilizado en este modelo numérico, MODFLOW USG. Cabe destacar que, para facilitar un futuro acople, la grilla del modelo numérico utilizada fue de carácter regular.

5.5 MERCADO DE AGUAS

Un mercado de aguas puede definirse como las interacciones entre compradores y vendedores de algún tipo de título de propiedad de agua para usarla, asignándole a este, un precio determinado mediante el libre intercambio (CNR, 2016).

5.5.1 Evolución histórica

La información que a continuación se presenta corresponde a la contenida en la base de datos "Inscripciones de Derechos de Aprovechamiento de Aguas en Conservadores de Bienes Raíces" disponible en el portal web de la DGA y que contiene las transacciones informadas por los Conservadores de Bienes Raíces (CBR) de La Serena, la cual tiene jurisdicción sobre la comuna donde se ubica gran parte de la cuenca, correspondiente a La Higuera. Si bien también hay una parte de la cuenca que se encuentra en la jurisdicción del CBR de Vallenar (sector donde se emplaza la localidad de Incahuasi), existen una muy baja cantidad de derechos otorgados en Vallenar y por lo tanto no justifica su uso dentro de los análisis del presente estudio. Se aclara que la información disponible en el CBR de La Serena permite analizar de manera separada las transacciones de la cuenca del río Los Choros.

El análisis considera inscripciones de categoría "mercado" tales como: compraventa, adjudicación, aporte, dación en pago, entre otras, de naturaleza superficial y subterránea, del tipo consuntivos y no consuntivos, de ejercicio permanente y eventuales. No fueron consideradas transacciones de categoría "no mercado" (herencias, concesiones, regularizaciones, entre otras).

El estado de registro para el análisis correspondiente indica la existencia de 6 transacciones, asociadas a derechos de naturaleza subterránea.

5.5.2 Valor del agua por sector económico

Con el objetivo de estimar el valor de mercado de los DAA, se tomó como fuente de información la contenida en la base de datos entregada por la DGA y que registra las transacciones informadas por los CBR.

Esta base de datos contiene 3.560 transacciones informadas por el CBR de La Serena durante el periodo del año 1982 hasta el año 2019. Se considera que los valores de las transacciones en todo el alcance geográfico del CBR son representativas de las ocurridas en la comuna de La Higuera y de la cuenca del río Los Choros.

Sobre la base de datos inicial se procedió a aplicar los criterios de depuración de manera incremental, con el fin de contar con una base de datos depurada que incluya transacciones que cumplan con todas las condiciones para que sean consideradas en la estimación. Esta depuración se ha realizado en base a la metodología que la SISS utiliza para la estimación del valor de los derechos de aprovechamiento de aguas en los procesos tarifarios que se llevan a cabo cada 5 años y que se encuentra plasmada en el estudio "Análisis de Mercados de Derechos de Aprovechamiento de Aguas en Chile", SIT N.º 438 (DGA, 2018).

Las transacciones excluidas fueron aquellas con las siguientes características:

- Imposibilidad de identificar el tipo de naturaleza del DAA
- Imposibilidad de identificar el tipo de ejercicio del DAA
- Imposibilidad de identificar el mercado a la cual pertenece la transacción DAA
- Inexistencia de información de caudal
- Imprecisión en el monto de la transacción
- Transacciones diferentes a compraventa
- Transacciones en conjunto con otros bienes
- Transacciones entre parientes
- Agrupación de observaciones que no presenten diferencias en la fecha de
- Inscripción, comprador, vendedor y mercado relevante.

Se observa que, de los 3.560 expedientes, sólo 128 (3,6%) cumplen con los requisitos definidos para estimar precios de mercado de los DAA (Tabla 5-35). La depuración de las transacciones, desglosadas por tipo de fuente se encuentra en la Tabla 5-36, donde se puede ver que el 85% son de naturaleza subterránea. Finalmente, la separación de las transacciones por sector o unidad de mercado se encuentra en la Tabla 5-37.

Tabla 5-35: Aplicación incremental de criterios de depuración

Total Expedientes		3.560
Criterios de depuración	Compraventa	2.376
	Naturaleza	2.259
	Tipo de Ejercicio	197
	Caudal	196
	Monto	147
	Transacción sin otros bienes	140
	Tipo de Derecho	128
Base Depurada		128

Fuente: Elaboración propia basado en base de datos DGA

Tabla 5-36: Transacciones depuradas

Tipo de Ejercicio	N° Superficial	N° Subterránea	Total
Permanente y Continuo	19	109	128
Proporción	14,8%	85,2%	100,0%

Fuente: Elaboración propia basado en base de datos DGA

Tabla 5-37: Transacciones por Unidad de Mercado

Naturaleza del Agua	Sector	Transacciones
Subterránea	Agrícola	25
	Agua Potable / Saneamiento	--
	Banca	2
	Inmobiliaria y Construcción	31
	Minería	11
	Otros	40
	Subtotal	109
Superficial	Agrícola	1
	Agua Potable / Saneamiento	--
	Banca	--
	Inmobiliaria y Construcción	4
	Minería	1
	Otros	13
	Subtotal	19
Total		128

Fuente: Elaboración propia basado en base de datos DGA

Aguas subterráneas

Para la unidad de mercado de aguas subterráneas, se obtiene una media y mediana por caudal de 207,8 UF/l/s y 75,8 UF/l/s, respectivamente (Tabla 5-38).

Tabla 5-38: Resultados transacciones aguas subterráneas

Transacciones	109
Media [UF⁹/l/s]	207,8
Mediana [UF/l/s]	75,8

Fuente: Elaboración propia basado en base de datos DGA

Aguas superficiales

Para la unidad de mercado de aguas superficiales, se obtiene una media y mediana por caudal de 372,4 UF/l/s y 100,0 UF/l/s, respectivamente (Tabla 5-39).

⁹ Valor UF al 01/09/2021: \$29942.78

Tabla 5-39: Resultados transacciones aguas superficiales

Transacciones	19
Media [UF/I/s]	372,4
Mediana [UF/I/s]	100,0

Fuente: Elaboración propia basado en base de datos DGA

CAPÍTULO 6 ACCIONES

En los capítulos precedentes se presentó secuencialmente una descripción de la cuenca, junto con el análisis de la demanda de agua, la oferta, y el balance hídrico respectivo. Como resultado de lo anterior, se identifican las brechas en diferentes ámbitos que dan origen a una serie de iniciativas a incorporar en el portafolio de acciones de la cuenca del río Los Choros. A continuación, se desarrolla el plan estratégico que permite suplir la demanda de agua y adaptación al cambio climático, con un portafolio de acciones que aseguren el abastecimiento en cantidad y calidad.

Para esta formulación se incluye la definición de una serie de conceptos de referencia, que permiten comprender la visión que se tiene respecto de la seguridad hídrica, gestión integrada de recursos hídricos y su implementación a nivel local.

6.1 MARCO CONCEPTUAL PARA LA PROPUESTA DE ACCIONES

La Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) fue definida por el Comité Técnico de la Asociación Mundial para el Agua (GWP, 2022¹⁰) como “un proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante, pero de manera equitativa, y sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas”.

Según señala el Estudio “Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en Chile” (Universidad de Chile, 2009), la definición aportada por GWP refleja el consenso internacional sobre las normas generales de cómo se debe gestionar el agua considerando un amplio grupo de variables y disciplinas que permitan alcanzar los criterios esenciales del desarrollo sustentable. De esta manera, este modelo de gestión busca conciliar el aprovechamiento de los recursos naturales de la cuenca (crecimiento económico, transformación productiva), manejándolos de manera de evitar conflictos y problemas ambientales (sustentabilidad ambiental) asegurando además la equidad social.

En esta línea el estudio incorpora cinco aspectos relevantes en la integración de la gestión del recurso hídrico:

- los intereses de los múltiples objetivos de usos y usuarios del agua, de forma de atenuar los conflictos entre ellos;
- los aspectos del agua que influyen en sus usos y usuarios (cantidad y calidad), y la gestión de la oferta con la gestión de la demanda (oportunidad), en especial cuando el agua es insuficiente para satisfacer todos los requerimientos;
- las diferentes fases del ciclo hidrológico (por ejemplo, la gestión del agua subterránea y su recarga);
- la gestión del agua y la gestión del suelo y otros recursos naturales, de manera de conservar el medioambiente y la biodiversidad;

¹⁰ <https://www.gwp.org/>

- la equidad social.

Por otro lado, el concepto de seguridad hídrica desarrolla el abastecimiento oportuno y confiable de agua en cantidad y calidad para suplir la demanda de agua en la cuenca. La Mesa Nacional del Agua (Mesa Nacional del Agua, 2020) establece la seguridad hídrica como uno de los principales desafíos del país en materia hídrica, indicando las prioridades de cobertura primero para el consumo humano y luego para la conservación de los ecosistemas hídricos y la producción de bienes y servicios. En las consideraciones de los planes estratégicos y discusiones sobre gobernanza del agua, aumentar la seguridad hídrica se presenta como un fin a lograr, por sobre la GIRH, entendida ésta última como un mecanismo para alcanzar el propósito.

Otros ejes temáticos de la Mesa Nacional en el marco de la seguridad hídrica corresponden al desarrollo de Infraestructura Hídrica e Incorporación de Nuevas Fuentes de Agua y la Planificación Estratégica de Cuencas. Para esta última, la Mesa Nacional establece de manera explícita el requerimiento de trazar una hoja de ruta o portafolio de acciones y soluciones que permitan alcanzar las metas de sustentabilidad y otras que se acuerden, incluyendo estrategias que permitan aumentar la seguridad hídrica. Las acciones definidas en este Plan Estratégico, bajo los alcances anteriormente descritos, han sido analizadas considerando soluciones de distintas tipologías, cuyos detalles se desarrollan en el capítulo siguiente.

Para todo lo anterior, la elaboración del Plan considera las siguientes tres etapas: Formulación, Implementación y Seguimiento. Finalmente, para ejecutar el Plan Estratégico se requiere una Gobernanza que defina las responsabilidades sobre cada una de las fases de planificación, y asegure que este proceso resulte en una actualización y mejora continua.

La Figura 6-1 muestra el esquema conceptual para la formulación del Plan Estratégico, relacionando todos los elementos que forman de este y que se detallan en los subcapítulos a continuación.

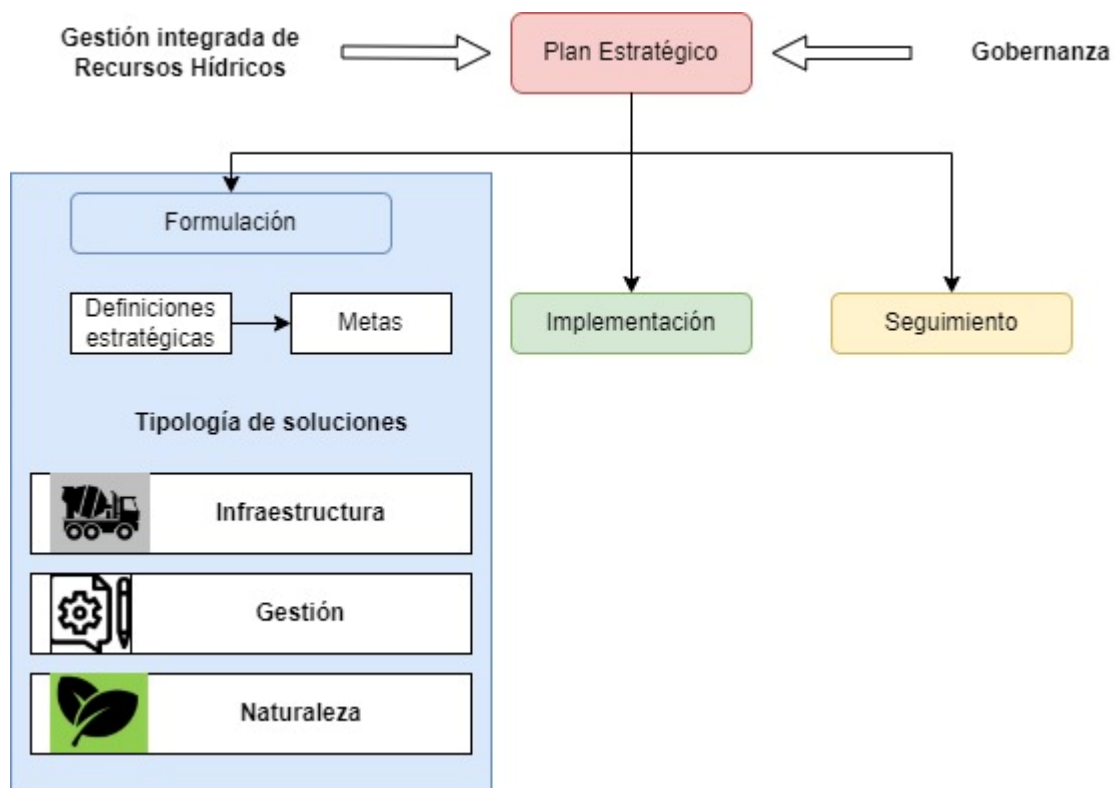


Figura 6-1. Esquema conceptual Plan Estratégico Gestión Hídrica

Fuente: Elaboración propia.

6.2 FORMULACIÓN DEL PLAN

La formulación del Plan Estratégico de la cuenca del río Los Choros considera la definición de ejes estratégicos, brechas analizadas y objetivos específicos del Plan. Además, se incluyen criterios condicionantes de aplicación transversal y evaluación general del Plan, junto con las metas específicas definidas según estrategia establecida. La Figura 6-2 presenta los elementos considerados para la Formulación del Plan Estratégico.

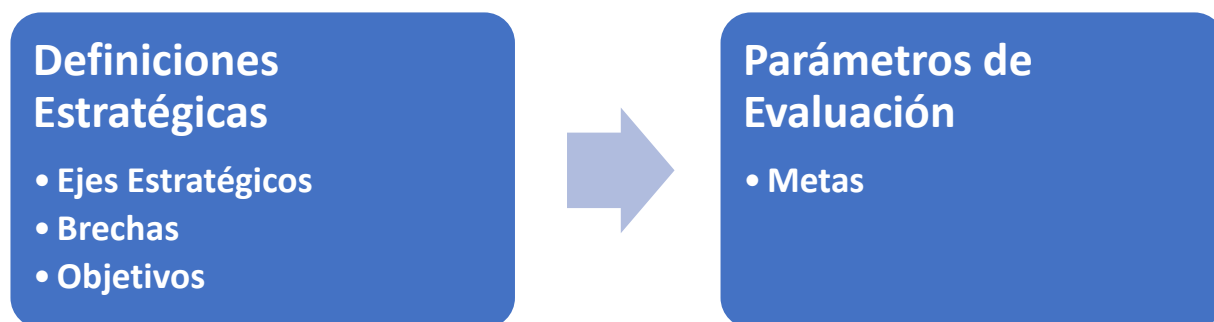


Figura 6-2. Aspectos principales de la Formulación del Plan de Gestión

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se indican aspectos generales respecto a la formulación del plan:

- Definiciones: definición de los aspectos claves que debe abordar el Plan Estratégico, para los cuales se establecen los Ejes Estratégicos, Brechas y Objetivos.

6.2.1 Definiciones Estratégicas

6.2.1.1 Ejes Estratégicos

Para la definición de ejes estratégicos del Plan se tomó como referencia el análisis realizado en el contexto de la Mesa Nacional del Agua (Mesa Nacional del Agua, 2020), el cual fue ajustado al contexto territorial de la cuenca, y al alcance definido para el presente Plan Estratégico de Gestión Hídrica.

En el Desafío de Seguridad Hídrica, se identificaron los siguientes elementos relevantes:

- Seguridad de acceso al agua para consumo humano
- Disponibilidad mediante Nuevas fuentes de agua
- Eficiencia hídrica

En el Desafío de Calidad de Aguas y Ecosistemas se identificó:

- Protección de ecosistemas
- Gestión sustentable de acuíferos

Y en el Desafío del Marco Legal, se identificó:

- Institucionalidad a nivel de cuencas

De los Ejes transversales, se priorizó:

- Investigación e información pública
- Educación sobre el uso del agua

La Tabla 6-1 presenta los ejes estratégicos considerados para el plan de la cuenca del río Los Choros.

Tabla 6-1. Ejes del Plan Estratégico Cuenca Los Choros

ID	Ejes Estratégicos del Plan	Objetivo General
1	Disponibilidad y Calidad de agua para distintos usos de la cuenca	Mejorar la seguridad en el acceso a fuentes de agua en cantidad y calidad para los diversos usos en la cuenca, tales como el consumo humano y actividades productivas
2	Conservación	Conservar los ecosistemas y la calidad de las aguas de la cuenca, y restaurar los ecosistemas degradados.
3	Eficiencia en el uso del agua	Aumentar la eficiencia en el uso del agua en todos los actores de la cuenca y reducir su demanda directa mediante la gestión sustentable de las aguas subterráneas.
4	Manejo de Información	Disponibilidad de información a escala de cuenca sobre el estado de los recursos hídricos, control de extracciones de aguas subterráneas, y estudios específicos.
5	Gobernanza	Desarrollo de una gobernanza para la implementación del Plan Estratégico y el financiamiento requerido.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.2 Brechas identificadas

Se han analizado las brechas o conflictos que son de relevancia para los actores que participan de la gestión de los recursos hídricos en la cuenca. En la identificación de estas brechas se han tenido en consideración distintas fuentes, entre las que es posible mencionar la caracterización y diagnóstico de la cuenca; estudios y las actividades de participación ciudadana realizadas, en particular los talleres presenciales realizados en las localidades de los Choros y La Higuera (Talleres PAC 1 y 2), y reuniones / entrevistas específicas realizadas con los actores de la cuenca.

La Tabla 6-2 presenta el detalle de las brechas identificadas en el Plan Estratégico de la cuenca del río Los Choros, junto con las referencias donde se menciona la problemática en el documento.

Tabla 6-2. Brechas identificadas en el PEGH Cuenca río Los Choros

ID	Ejes Estratégicos del Plan	Problema o Brecha	Fuente	Detalle Fuente
1	Disponibilidad y Calidad de agua para distintos usos de la cuenca	Fuentes actuales de aguas subterráneas están sobreexplotadas, lo que se evidencia en los indicadores de sostenibilidad de aguas subterráneas, encontrándose por debajo de límites DGA: se observan descensos sostenidos de los niveles de aguas subterráneas en los SHAC de Punta Colorada, sector Trapiche del SHAC Los Choros Alto y SHAC Los Choros Bajos.	Caracterización y diagnóstico de la cuenca	Informe final, sección 5.1.1.3
		Se identifica problemas de abastecimiento para la localidad de La Higuera y El Trapiche, con sus pozos APRs secos o con bajo nivel. Otros APRs también tienen problemas regulares, para los cuales deben recurrir a abastecimiento mediante camiones aljibes.	Taller PAC 1	Anexo 8 de Anexo I - Problemáticas levantadas
		Actualmente existen extracciones en la cuenca para APR, que datan de antes de 1990 y no cuentan con derecho	Caracterización y diagnóstico de la cuenca	Informe final, sección 4.2.4
		La brecha hídrica para consumo humano se estima en 0,34 Hm ³ /año (11 l/s) al año 2050.	Caracterización y diagnóstico de la cuenca	Anexo H, sección 8.2.1
		Aumento exponencial de la población genera mucha presión por contar con agua.	Taller PAC 1	Anexo 8 de Anexo I - Problemáticas levantadas
		Falta de estudios integrales para el abastecimiento de agua potable en la cuenca evaluados a largo plazo. Esto es, estudios que involucren gran parte de las componentes del problema: modelación, catastro de pozos, dimensión social, etc.	Caracterización y diagnóstico de la cuenca	Conclusión general
		Incertidumbre por estrategias nuevas a aplicar en proyectos mineros (traslados de agua vía bombeo, reinyectar agua).	Taller PAC 1	Anexo 8 de Anexo I - Problemáticas levantadas
		La brecha hídrica para riego se estimó en 1,34 Hm ³ /año (42 l/s) para el 2050	Caracterización y diagnóstico de la cuenca	Anexo H, sección 8.2.1
		Alta competencia entre empresas de los rubros potable, agrícola y minero por el recurso de aguas subterráneas y elevado consumo por parte de éstas.	Taller PAC 1	Anexo 8 de Anexo I - Problemáticas levantadas
		Índice de calidad de aguas subterráneas es insuficiente en diversos tramos de la cuenca del río Los Choros	Caracterización y diagnóstico de la cuenca	Informe final, sección 4.2.3.3
		En eventos extremos de precipitación, una parte del agua de lluvia escurre libremente hacia la desembocadura, no aprovechándose el recurso.	Taller PAC 1	Anexo 8 de Anexo I - Problemáticas levantadas

ID	Ejes Estratégicos del Plan	Problema o Brecha	Fuente	Detalle Fuente
2	Conservación	Poca protección del ecosistema existente en la cuenca (zona costera, ecosistemas cercanos, biodiversidad) ante la disminución en la cantidad de agua disponible y empeoramiento de su calidad. Destaca el caso del humedal La Boca, declarado recientemente Santuario de la Naturaleza.	Caracterización y diagnóstico de la cuenca	Informe final, sección 2.5
		Se identifica un avance de la interfaz salina en SHAC Playa Los Choros.	Caracterización y diagnóstico de la cuenca	Anexo H, sección 3.13
		Se ha establecido el problema de contaminación y calidad de las aguas asociado a los pasivos ambientales correspondientes a depósito de relaves activos y abandonados existentes en el lecho del cauce del río Los Choros.	Taller PAC 1	Anexo 8 de Anexo I - Problemáticas levantadas
		Se identifica la necesidad de incentivar las buenas prácticas agrícolas en relación al uso de agroquímicos (pesticidas, fertilizantes, etc.)	Caracterización y diagnóstico de la cuenca	Conclusión general
3	Eficiencia en el uso del agua	No hay re-uso de aguas en ninguna actividad productiva.	Taller PAC 1	Anexo 8 de Anexo I - Problemáticas levantadas
		Poco uso o aplicación de tecnologías para optimizar uso y gestión del agua. Se estima que la tecnificación de riego es del orden del 30% para El SHAC Los Choros Bajos, siendo el riego por surco el predominante en las 100 há de Olivos del sector.	Taller PAC 1	Anexo 8 de Anexo I - Problemáticas levantadas
		Extracciones ilegales (reducción de niveles, mafias de camiones aljibes).	Taller PAC 1	Anexo 8 de Anexo I - Problemáticas levantadas
4	Manejo de Información	Poca disponibilidad de información (calidad, pozos, balance, estadística)	Caracterización y diagnóstico de la cuenca	Conclusión general
		Pocas capacidades técnicas de los actores de la cuenca relativos a la gestión del recurso (operación, costos, mantención, soporte). Entendimiento insuficiente del sistema para ejecutar gestión del recurso.	Caracterización y diagnóstico de la cuenca	Conclusión general
		Problemas con el monitoreo de extracción (pozos no regularizados, registros de extracción)	Caracterización y diagnóstico de la cuenca	Conclusión general
		No se cuenta con telemetría para la transmisión de los datos en línea.	Taller PAC 1	Anexo 8 de Anexo I - Problemáticas levantadas
		Se identifica una desconexión entre las demandas individuales de cada actor en la cuenca y el efecto global del uso del recurso en la cuenca.	Taller PAC 1	Anexo 8 de Anexo I - Problemáticas levantadas

ID	Ejes Estratégicos del Plan	Problema o Brecha	Fuente	Detalle Fuente
5	Gobernanza	No hay objetivos comunes entre los actores de la cuenca (entre los distintos actores que habitan la cuenca)	Reuniones específicas con actores de la cuenca	Anexo 8 de Anexo I - Problemáticas levantadas
		No hay instancia local que articule necesidades, problemáticas.	Reuniones específicas con actores de la cuenca	Anexo 8 de Anexo I - Problemáticas levantadas
		El poco recurso hídrico existente se administra de forma inadecuada (distribución, altos costos, ilegalidad de extracción). Ejemplo de esto es la falta de regulación en el sector de El Llano, en el SHAC Playa Los Choros, donde ante el aumento de parcelaciones se presenta un incremento en la demanda de agua, junto con extracciones irregulares.	Taller PAC 1	Anexo 8 de Anexo I - Problemáticas levantadas
		Ausencia de institucionalidad efectiva de gestión del recurso en la cuenca. Dispersión de trámites a través de múltiples pasos (extensos tiempos de gestión, no hay continuidad de gestiones, etc.). En este sentido el marco normativo no distingue los tramites urgentes.	Taller PAC 1	Anexo 8 de Anexo I - Problemáticas levantadas
		No existe coordinación entre los SSR para levantar demandas a autoridades. No existen comunidades de aguas subterráneas ni asociaciones de APR en la cuenca del Rio Los Choros.	Taller PAC 1	Anexo 8 de Anexo I - Problemáticas levantadas
		Actualmente no existe una limitación legal (como prorratio) a la extracción de aguas subterráneas más que la establecida por el DAA.	Caracterización y diagnóstico de la cuenca	Conclusión general
		La cuenca del río Los Choros no cuenta actualmente con una plataforma con información detallada de las componentes que ayuden a determinar las condiciones del recurso hídrico.	Taller PAC 1	Anexo 8 de Anexo I - Problemáticas levantadas
		Se reconoce un sobreotorgamiento del recurso hídrico (recarga de 180 l/s estimada, DAA de 3600 l/s)	Caracterización y diagnóstico de la cuenca	Informe final, sección 4.2.4

Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.3 Objetivos del Plan

Los objetivos del Plan Estratégico de Gestión Hídrica de la cuenca del río Los Choros fueron formulados a partir de los ejes estratégicos y de las prioridades identificadas en el territorio, obtenidas del proceso de caracterización y diagnóstico, así como los procesos de participación ciudadana desarrollados en el estudio.

La Tabla 6-3 presentan los objetivos específicos de los ejes del Plan Estratégico de la cuenca del río Los Choros.

Tabla 6-3. Objetivos del Plan Estratégico Cuenca del río Los Choros

Id	Ejes Estratégicos del Plan	Objetivos
1	Disponibilidad y Calidad de agua para distintos usos en la cuenca	1.1 Proporcionar seguridad de abastecimiento para consumo humano y actividades de subsistencia
		1.2 Asegurar la disponibilidad de agua potable a mediano y largo plazo independizando la disponibilidad debido a los efectos del cambio climático.
		1.3 Reducir las brechas entre oferta y demanda de agua para el mediano y largo plazo.
		1.4 Mejorar la calidad del agua en la cuenca.
2	Conservación	2.1 Disminuir la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales eventuales a causa de los usos mineros (principalmente).
		2.2 Proteger y Restaurar los ecosistemas acuáticos y terrestres relacionados con el recurso hídrico continental.
3	Eficiencia en el uso del agua	3.1 Optimizar el uso del agua y cuidar la calidad de agua de cada sector hidrogeológico.
		3.2 Mejorar la oferta del acuífero a mediano y largo plazo.
		3.3 Regular la demanda de agua, considerando las condiciones actuales y proyectadas de oferta del sistema subterráneo.
4	Manejo de Información	4.1 Mejorar el monitoreo de las aguas de la cuenca (niveles subterráneos, control de extracciones).
		4.2 Aumentar el conocimiento e información sobre los recursos hídricos y su uso
		4.3 Mecanismo de entrega de conocimiento e información que permita un mayor entendimiento del sistema hídrico de la cuenca.
5	Gobernanza	5.1 Generar una gobernanza local de gestión del recurso hídrico.
		5.2 Promover alianzas público - privadas con el fin de gestionar sustentablemente el recurso hídrico.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.4 Metas en aportes de agua

Luego de definir los ejes estratégicos y los objetivos del plan, se busca cuantificar los objetivos (cuánto volumen de agua se debe conseguir mediante las soluciones) en función a los escenarios de gestión modelados según se detalló en el capítulo 5 del presente informe.

Se definieron las metas en aportes de agua para los grupos de acciones que permiten mejoras en las brechas relacionadas. Para el cumplimiento de estas metas se consideraron los dos enfoques de gestión ya evaluados con los modelos numéricos (gestión de oferta y demanda), a lo que se suma un enfoque conjunto que permite potenciar los resultados esperados.

- **Metas para los Ejes Estratégicos 1 y 3: Consumo humano, otros usos y de buena calidad; Eficiencia en el uso del agua; Gestión sostenible de Acuíferos**

La meta se define como el valor máximo de la brecha evaluada al año 2050, correspondiente a 1,7 Hm³/año según el detalle del Capítulo 5. Balance de Agua, específicamente en la gráfica de la Figura 5-13, además las expectativas de los usuarios en cada uno de los sectores. Estas últimas se asocian a gestión del recurso hídrico con fines de maximizar el uso de las aguas en términos de incremento como recarga y su distribución. La Tabla 6-4 presenta los valores para esta meta establecida en el Plan Estratégico de la cuenca del río Los Choros.

La meta establecida puede ser cubierta de manera conjunta con el aumento de disponibilidad de aguas subterráneas y la disminución de la demanda mediante eficiencia en el uso (que en el caso de la cuenca del río Los Choros mayor eficiencia permite disminuir las pérdidas y por lo tanto disponibilizar recurso hídrico). Esto último debe ser evaluado específicamente en cada cuenca o sistema evaluado, ya que no existe una relación directa de que una mayor eficiencia genera una disminución de la demanda.

Por otro lado, se plantea como indicador de gestión sostenible la asociada a la disminución máxima del volumen de un 5% para cada acuífero, tomando como año base el volumen al año 2020. La Tabla 6-4 presenta el valor de esta meta establecida para el Plan Estratégico de la cuenca del río Los Choros.

Tabla 6-4. Metas para la Estrategia de Disponibilidad

SHAC	Meta Disponibilidad + Eficiencia (Hm³/año)	Meta Gestión Sostenible de Acuíferos. Disminución máxima Volumen Acuífero (%)
TOTAL	1,7	5%

Fuente: Elaboración propia.

Para efectos de análisis del potencial de aporte de las acciones que contribuyen a aumentar la Disponibilidad del recurso hídrico, la Tabla 6-5 y Figura 6-3 presenta el aporte volumétrico posible de disponer para las acciones específicas asociados a los Ejes Estratégicos 1 y 3 (Línea roja indica el porcentaje acumulado que generan las iniciativas evaluadas numéricamente bajo la estrategia de oferta y demanda). Detalles de las acciones relacionadas con la estrategia de Disponibilidad se presentan en el acápite 5.3 del Modelo de Simulación y acápite de 6.3 Soluciones.

Tabla 6-5. Acciones y aportes a la Disponibilidad del Recurso Hídrico cuenca del río Los Choros

ID	Eje Estratégico	Nombre de la Acción	Aporte Agua a la Meta (m³/año)
1	Eje 1: Disponibilidad y Calidad de agua para distintos usos en la cuenca	Perforación de Pozos Profundos	160.000
2	Eje 1: Disponibilidad y Calidad de agua para distintos usos en la cuenca Eje 3: Eficiencia en el uso del agua	Construcción de Planta desalinizadora	2.302.128
3	Eje 1: Disponibilidad y Calidad de agua para distintos usos en la cuenca Eje 3: Eficiencia en el uso del agua	Construcción de Captadoras agua de niebla como nuevas fuentes	9.461
4	Eje 1: Disponibilidad y Calidad de agua para distintos usos en la cuenca Eje 3: Eficiencia en el uso del agua	Implementación Recarga inducida de acuíferos	1.923.696
5	Eje 3: Eficiencia en el uso del agua	Reutilización de aguas grises y tratadas	126.144
6	Eje 3: Eficiencia en el uso del agua	Implementación de Tecnificación de riego	725.328

Fuente: Elaboración propia.

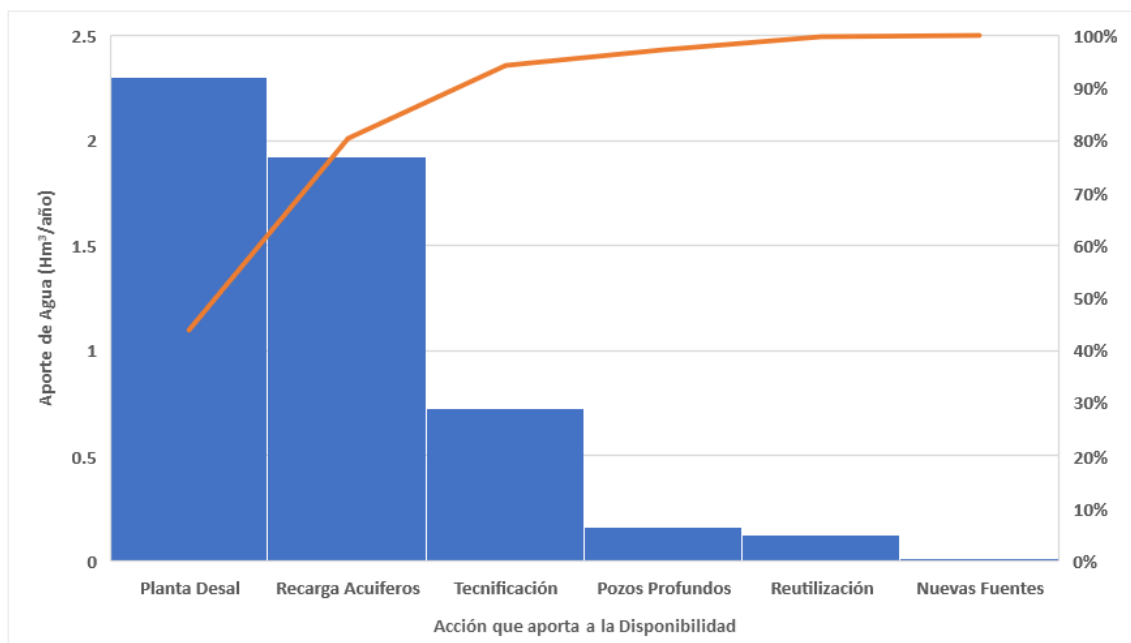


Figura 6-3. Iniciativas y aportes de agua a la Disponibilidad del recurso Hídrico

Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.5 Definición de Metas específicas

Se definieron metas para el grupo de acciones que permiten mejoras en las brechas relacionadas a la gestión del recurso hídrico para todos los ejes estratégicos definidos. La definición se realiza considerando los objetivos específicos de cada eje establecido y el cumplimiento de los objetivos se analizará con el desarrollo del 70% de las acciones involucradas.

- **Metas de Gestión para el Eje Estratégico 1 – Disponibilidad y Calidad de agua para distintos usos en la cuenca**

Proporcionar seguridad de abastecimiento para consumo humano y actividades de subsistencia

Como parte del diagnóstico de la cuenca, se ha identificado brechas de gestión relacionadas con la falta de derechos de los APR de las localidades La Higuera y Punta Colorada. Se plantea como meta solucionar esta situación y de esa manera darle seguridad al abastecimiento de agua potable respectivo. Adicionalmente se plantea evaluar la generación de acuerdos formales de colaboración entre usuarios del agua, de manera de proporcionar resguardos de abastecimiento de agua para el consumo humano.

Asegurar la disponibilidad de agua potable a mediano y largo plazo independizando la disponibilidad debido a los efectos del cambio climático.

Se ha identificado la falta de estudios integrales que evalúen el abastecimiento de agua para el suministro de todas las localidades de la cuenca en el mediano y largo plazo. Se contempla la realización de este estudio cada 3 años hasta el año 2050, además de diseños a nivel de prefactibilidad, de manera de asegurar la viabilidad de las soluciones que puedan ser propuestas y desarrolladas.

Reducir las brechas entre oferta y demanda de agua para el mediano y largo plazo

La Estrategia de Disponibilidad se hace cargo de este objetivo, mediante la propuesta específica de metas que permiten reducir la brecha de 1,7 Hm³ en conjunto con el cumplimiento de los indicadores de sustentabilidad del acuífero.

Mejorar calidad del agua en la cuenca

Un elemento fundamental es la mejora de calidad de agua en la cuenca. El diagnóstico realizado ha establecido que existen fuentes de contaminación del agua en la cuenca, para las cuales se ha propuesto metas específicas indicadas a continuación en el Eje Estratégico N°2 Conservación. Para evaluar y seguimiento de la mejora propuesta se considera establecer un programa de monitoreo de calidad de aguas en la cuenca. Se propone establecer al menos un total de 50 puntos de monitoreo de hidroquímica e isotopía distribuidos en todos los 5 SHACs existentes.

- **Metas para el Eje Estratégico 2 - Conservación**

Disminuir la contaminación de las aguas subterráneas

Se propone mejorar los indicadores de calidad de las aguas subterráneas mediante el manejo de las fuentes de contaminación identificadas en la fase diagnóstico del PEGH, que específicamente están relacionados con la existencia de depósitos de relaves en el lecho del cauce del río Los Choros. La meta en este sentido se relaciona con concretar la realización de un estudio e implementación del manejo de relaves y restauración del lecho del cauce libre de estos depósitos mineros.

Proteger y Restaurar los ecosistemas acuáticos y terrestres relacionados con el recurso hídrico continental.

Se propone como parte de las acciones desarrollar e implementar un Programa de caracterización y protección del humedal La Boca.

- **Metas de Gestión para el Eje Estratégico 3 - Eficiencia en el uso del agua**

Optimizar el uso del agua y cuidar la calidad de agua del sector

Se ha establecido que el uso de agua para riego representa del orden del 70% de la demanda total de la cuenca, junto con tener una baja eficiencia de aplicación del riego

particularmente en los cultivos desarrollados en el sector de la localidad de Los Choros. Se plantea desarrollar gestiones para acogerse a los programas de INDAP para la implementación de tecnificación de riego, además de otros programas relacionados con el buenas prácticas agrícolas y producción limpia para el olivo.

Mecanismo de entrega de conocimiento e información que permita un mayor entendimiento del sistema

De manera complementaria a las acciones antes indicadas, se considera la coordinación e implementación de un programa de capacitación para 100 usuarios de la cuenca en el uso eficiente del agua.

Mejorar la oferta del acuífero. Evaluar nuevas fuentes de abastecimiento a mediano y largo plazo

La mejora de la oferta de agua en la cuenca se logra mediante la Estrategia de Disponibilidad antes indicada, lo cual ha sido vinculada de manera explícita con los indicadores de sustentabilidad del acuífero.

Regular la demanda de agua, considerando las condiciones actuales y proyectadas de oferta del sistema subterráneo

Se ha establecido que existe una brecha importante en los derechos de aprovechamiento (DAA) otorgados respecto de la oferta del recurso hídrico de la cuenca, para lo cual se plantea una línea de trabajo que permita acortar esta brecha y riesgo de sobre consumo del recurso hídrico subterráneo. Se plantea realizar un estudio y aplicación del prorrateo del uso del agua subterránea disponible, además de analizar desde un punto de vista legal/administrativo los mecanismos posibles de implementar para mejorar el sobre otorgamiento de DAA en la cuenca (01 estudio e implementación).

- **Metas para el Eje Estratégico 4 - Manejo de Información**

Mejorar el monitoreo de las aguas de la cuenca (niveles subterráneos, control de extracciones)

Para este objetivo se propone mejorar el sistema de monitoreo de las extracciones de aguas subterráneas que realizan los diferentes usuarios en la actualidad y que alcanzan unos 145 pozos. Además, se propone implementar de manera progresiva estaciones de monitoreo de niveles de aguas de manera automática, que para el horizonte del plan al 2050 se alcancen 50 pozos de la cuenca. Finalmente, el plan sugiere la creación de un sitio digital donde se disponga y facilite el acceso a información específica de la cuenca a cualquier usuario interesado.

Aumentar el conocimiento e información sobre los recursos hídricos y su uso

Con la mejora de disponibilidad de información, se plantea el desarrollo de estudios hidrológicos, hidrogeológicos e hidroquímicos cada 5 años en la cuenca que permitan

incorporar los nuevos datos disponibles en los análisis / modelos y el consecuente seguimiento de la sustentabilidad del recurso hídrico. Se considera la implementación de un centro digital de información hídrica para la cuenca e implementación de 03 programas de capacitación para 150 usuarios del agua que promuevan el uso responsable y eficiente del agua.

- **Metas para el Eje Estratégico 5 - Gobernanza**

Generar una gobernanza local de gestión del recurso hídrico

Se propone realizar un estudio legal/administrativo que permita proponer una gobernanza local, definiendo roles y responsabilidades, recursos y financiamiento, entre otros. Con posterioridad, se espera la implementación de esta gobernanza definida, de manera tal que durante el horizonte del PEGH se permita avances en los objetivos específicos de este plan.

Promover alianzas público - privadas con el fin de gestionar sustentablemente el recurso hídrico

Un elemento relevante es la existencia de instancias de coordinación entre los diferentes usuarios del agua en la cuenca, lo cual actualmente ha sido identificado como una brecha importante en la cuenca. Se considera la creación de una mesa de trabajo público - privada que permita facilitar el dialogo de actores de la cuenca, y así permitir una mejor gestión del recurso hídrico. De igual manera, se propone fomentar la organización de los usuarios a nivel de Comunidades de aguas y organización de APR's a nivel de cuenca.

6.2.1.6 Resumen Metas propuestas

La Tabla 6-6 presenta un resumen de las metas consideradas en la estrategia de gestión hídrica propuesta para el Plan.

Tabla 6-6. Resumen de Metas asociadas a la Estrategia de Gestión PEGH Cuenca río Los Choros

Ejes	Objetivos	Metas
1. Eje Disponibilidad y Calidad de agua para distintos usos en la cuenca	Seguridad de abastecimiento de agua para consumo humano	-Resolver brecha de 1,7 Hm ³ al año 2050 mediante Estrategia de Disponibilidad. - Solucionar falta de DAA para APR de La Higuera y Punta Colorada.
	Disponibilidad de agua potable a mediano y largo plazo	-01 Estudio Integral de evaluación y solución de abastecimiento de agua al año 2050.
	Reducir brechas entre oferta y demanda	-Resolver brecha de 1,7 Hm ³ al año 2050 mediante Estrategia de Disponibilidad.
	Mejorar calidad del agua	-Programa de monitoreo de calidad con 50 puntos de monitoreo de hidroquímica e isotopía.
2. Conservación	Disminuir la contaminación	-01 Estudio e implementación para protección/restauración lecho río Los Choros con foco en los relaves existentes.
	Proteger / restaurar ecosistema vinculado al agua	-Desarrollar e implementar un Programa Conservación de humedal La Boca
3. Eficiencia en el uso del agua	Optimizar el uso del agua	-Gestionar acogerse a programa de tecnificación de riego INDAP para 100 has de cultivo de olivos en sector Los Choros Bajos. -01 Programa de Buenas Prácticas agrícolas y 01 Nuevo Acuerdo de Producción Limpia en sector Los Choros Bajos.
	Entrega de conocimiento e información	-Programa de capacitación a 100 usuarios de la cuenca en el uso eficiente del agua.
	Mejorar la oferta del acuífero	-Resolver brecha de 1,7 Hm ³ al año 2050 mediante Estrategia de Disponibilidad.
	Regular la demanda de agua	-01 Estudio e implementación de Prorrato del agua subterránea según uso y derechos. -01 estudio para mejorar estado de Derechos de Aprovechamiento de Aguas DAA. -01 estudio e implementación de regulación crecimiento de parcelas de agrado en sector costero acorde a factibilidad de disponer de Agua Potable.
4. Manejo de Información	Mejorar el monitoreo de extracciones y niveles pozos	-Instrumentación control de extracciones de 145 pozos. -50 pozos con medidores de nivel y telemetría
	Estudios Específicos Hídricos	-Desarrollar al menos 01 estudio hídrico integral de la cuenca (Hidrológico, hidrogeológico e hidroquímico) cada 5 años – totalizando 06 estudios al 2050. -Habilitar 01 centro digital de información hídrica para la cuenca. -03 Programas de transferencia tecnológica para 150 usuarios.
5. Gobernanza	Generar una gobernanza local	-Implementar Gobernanza local del Plan. -Constitución de 05 CAS en la cuenca. -Constitución de 01 Organización APRs.
	Promover alianzas público - privadas	-Implementación de una mesa de trabajo local a nivel de cuenca público-privada.

Fuente: Elaboración propia.

6.3 SOLUCIONES BASADAS EN LA INFRAESTRUCTURA, LA GESTIÓN Y LA NATURALEZA

La implementación del Plan Estratégico de Gestión Hídrica de la cuenca del río Los Choros requiere de un conjunto de herramientas que permitan gestionar los recursos hídricos en función de indicadores de desempeño, que aseguren tanto la sostenibilidad del recurso, como la seguridad de los distintos usos asociados, incluidos la calidad de las aguas y el estado de los ecosistemas. Para el desarrollo de las acciones consideradas se plantea su clasificación considerando tres ámbitos de soluciones, según el tipo de intervención que realizan, correspondientes a las soluciones basadas en Infraestructura, Gestión y Naturaleza.

Cabe mencionar que para la elaboración de la cartera de acciones se revisaron las iniciativas públicas contenidas en el Banco Integrado de Proyectos (BIP) del MIDESO, no encontrando iniciativas vigentes relacionadas con el recurso hídrico para la cuenca del río Los Choros.

A continuación, se presenta las principales acciones en cada de estas líneas de solución.

6.3.1 Soluciones Basadas en la Infraestructura (SbI)

Las SbI corresponden a intervenciones de mediano y largo plazo, materializadas a partir de obras civiles y proyectos con uso intensivo del capital. Algunas características de estas soluciones son:

- Requieren un período largo de evaluación, la que se realiza en etapas de ingeniería
- Requieren de una evaluación social que determine la conveniencia de la inversión
- Requieren de un alto capital de inversión

La Tabla 6-7 presenta las principales acciones de este tipo consideradas en el portafolio de acciones.

Detalles de las soluciones que son consideradas en el portafolio de acciones se indican en el Anexo J-2.

Tabla 6-7: Soluciones Basadas en la Infraestructura (SbI)

ID	Nombre	Eje del Plan	Brecha	Objetivo del Plan	Objetivo de la Acción	Localización
SI-01	Perforación de Pozos Profundos para consumo humano de localidades La Higuera y Punta Colorada	Eje 1: Disponibilidad y Calidad de agua para distintos usos en la cuenca	Problemas de abastecimiento de agua potable por insuficiencia de infraestructura en APRs.	Proporcionar seguridad de abastecimiento para consumo humano y actividades de subsistencia	Construcción de 2 pozos profundos en las localidades de La Higuera y Punta Colorada.	SHAC Punta Colorada, SHAC Los Choros Altos
SI-02	Construcción de Planta desalinizadora	Eje 1: Disponibilidad y Calidad de agua para distintos usos en la cuenca	El sector de Los Choros carece de escorrentía superficial, y presenta una insuficiente disponibilidad de recurso subterráneo.	Asegurar la disponibilidad de agua potable a mediano y largo plazo independizando la disponibilidad debido a los efectos del cambio climático.	Implementación de una planta desaladora (osmosis inversa) de 75 l/s que genere la oferta de agua para agua potable y otros usos en la cuenca.	Cuenca del rio Los Choros: SHAC Los Choros Bajos y Playa Los Choros
SI-03	Construcción de Captadoras agua de niebla	Eje 1: Disponibilidad y Calidad de agua para distintos usos en la cuenca	El aumento sostenido de la demanda de agua en los últimos años, sumado a la baja en la oferta de agua asociada a la disminución en las precipitaciones está generando un descenso en los niveles.	Reducir las brechas entre oferta y demanda de agua para el mediano y largo plazo.	Construcción de un sistema de captadores de agua de niebla de 4.000 m2 para obtención de agua de fuentes no convencionales para consumo humano.	SHAC Los Choros Altos Cerros Chungungo
SI-04	Diseño y construcción de sistemas de reutilización de aguas grises y tratadas	Eje 1: Disponibilidad y Calidad de agua para distintos usos en la cuenca	No hay re-uso de aguas en ninguna actividad productiva.	Optimizar el uso del agua y cuidar la calidad de agua del sector	Construcción de dos plantas de tratamiento de aguas servidas para los pueblos de Los Choros y Chungungo, cuya agua tratada quedará disponible a diversos usos.	SHAC Los Choros Bajos
		Eje 3: Eficiencia en el uso del agua				
SI-05	Implementación de Sistemas de Control de extracción de aguas subterráneas	Eje 3: Eficiencia en el uso del agua	Tener el sistema de reporte de control de extracciones es obligación legal de la DGA, lo que requiere la ejecución de los usuarios, el seguimiento y la declaración de la información de volúmenes de agua usados.	Mejorar el monitoreo de las aguas de la cuenca (niveles subterráneos, control de extracciones).	Instalación de totalizadores en 145 pozos que no cuentan con registros, para reporte de información mensual sobre la extracción de agua. Se incluye capacitación a usuarios de agua.	Cuenca del rio Los Choros
		Eje 4: Manejo de la información				

ID	Nombre	Eje del Plan	Brecha	Objetivo del Plan	Objetivo de la Acción	Localización
SI-06	Programa de mejoramiento de red hidrométrica de pozos y sistema de telemetría	Eje 3: Eficiencia en el uso del agua	Existe una red hidrométrica de la DGA que no registra todos los pozos existentes y además no se cuenta con telemetría para la transmisión de los datos en línea.	Mejorar el monitoreo de las aguas de la cuenca (niveles subterráneos, control de extracciones).	Instalación de medidores de nivel piezométricos, fuentes de energía y sistema de transmisión satelital para 50 pozos de la cuenca.	Cuenca del río Los Choros
		Eje 4: Manejo de la información				
SI-07	Implementación de Recarga inducida de acuíferos	Eje 1: Disponibilidad y Calidad de agua para distintos usos en la cuenca	En eventos extremos de precipitación, una parte del agua de lluvias escurre libremente hacia la desembocadura.	Mejorar la oferta del acuífero. Evaluar nuevas fuentes de abastecimiento a mediano y largo plazo.	Diseño y construcción de diques transversales en el cauce para favorecer recarga de aguas subterráneas (embalse de agua) en eventos extremos de precipitación.	SHAC Punta Colorada, SHAC Los Choros Altos
		Eje 3: Eficiencia en el uso del agua				

Fuente: Elaboración propia.

6.3.2 Soluciones Basadas en la Gestión (SbG)

Las SbG corresponden a intervenciones de corto y mediano plazo, que se basan en la implementación de mejoras operacionales en sistemas existentes, transferencia tecnológica a usuarios, establecimiento de acuerdos o mejoras en los sistemas de operación y reparto, implementación de sistemas de gobernanza local, entre otros.

Las principales características de estas soluciones son:

- Generalmente se planifican sobre un gran número de usuarios o superficie, por lo que su implementación es gradual.
- Para el caso de la cuenca de Los Choros, se requiere -en general- de un bajo capital de inversión, ya que la cuenca al no ser de gran magnitud ni contar con una gran oferta hídrica no presenta un gran número de actores. No obstante, dependiendo de la extensión de cada medida, puede completar un monto significativo en el tiempo.
- Requieren de la participación de todos los usuarios del agua. En el caso de la cuenca de estudio, los tres actores principales son el uso de agua potable (APR), riego (gran parte en Los Choros Bajos) e industria (minería casi en su totalidad).

La Tabla 6-8 presenta las principales acciones de este tipo consideradas en el portafolio de acciones.

Detalles de las soluciones que son consideradas en el portafolio de acciones se indican en el Anexo J-2.

Tabla 6-8: Soluciones Basadas en la Gestión (SbG)

ID	Nombre	Eje del Plan	Brecha	Objetivo del Plan	Objetivo de la Acción	Localización
SG-01	Estudios de soluciones de abastecimiento para consumo humano	Eje 1: Disponibilidad y Calidad de agua para distintos usos en la cuenca	Se han identificado brechas de oferta de agua para consumo humano dada la sobreexplotación general del acuífero	Proporcionar seguridad de abastecimiento para consumo humano y actividades de subsistencia.	Desarrollar un estudio integral y diseño de ingeniería para evaluar fuentes seguras que permitan abastecer totalmente la demanda para consumo humano, como planta desalinizadora y construcción de pozos	Cuenca del río Los Choros
SG-02	Programa de apoyo para la asignación/regularización de DAA para APRs La Higuera y Punta Colorada	Eje 1: Disponibilidad y Calidad de agua para distintos usos en la cuenca	Actualmente existen extracciones en la cuenca para APR, que datan de antes de 1990 y no cuentan con derecho	Proporcionar seguridad de abastecimiento para consumo humano y actividades de subsistencia	Gestionar la solicitud / regularización de DAA en los sistemas APR La Higuera y APR Punta Colorada.	SHAC Punta Colorada - SHAC Los Choros Altos
SG-03	Acuerdos de distribución de agua para consumo humano	Eje 1: Disponibilidad y Calidad de agua para distintos usos en la cuenca	Se han identificado brechas de oferta de agua para consumo humano dada la sobreexplotación general del acuífero	Proporcionar seguridad de abastecimiento para consumo humano y actividades de subsistencia. Mejorar el acceso a la información.	Formalizar acuerdos de colaboración, mediante mecanismos de asociaciones entre APRs. Una medida tangible corresponde a la utilización de sobrantes de la planta desaladora de Chungungo para abastecer déficit de agua en APR La Higuera.	Cuenca del río Los Choros
SG-04	Estudios e implementación de una gobernanza local de gestión del recurso hídrico	Eje 5: Gobernanza	Los tramites asociados a DGA actualmente se realizan por Ventanilla única por orden de ingreso. En este sentido, el marco normativo no distingue los tramites urgentes	Generar una gobernanza local de gestión del recurso hídrico.	Implementación de una gobernanza local a nivel de cuenca para la gestión del recurso hídrico. Sobre la base de la conformación de CAS y organizaciones de usuarios del agua, se plantea la existencia de profesionales o actores del agua que cumplan el rol de canalizar problemáticas a la DGA Regional.	Cuenca del río Los Choros

ID	Nombre	Eje del Plan	Brecha	Objetivo del Plan	Objetivo de la Acción	Localización
SG-05	Proyecto para la creación de "Mesa de Trabajo" a nivel de cuenca	Eje 5: Gobernanza	No hay objetivos comunes entre los actores de la cuenca ni instancias locales que articulen necesidades o problemáticas respecto a la disponibilidad del recurso hídrico	Generar una gobernanza local de gestión del recurso hídrico. Mejorar el acceso a la información.	Constituir mesa de trabajo local a nivel de cuenca público-privada que oriente, coordine y/o fiscalice la gestión hídrica en la cuenca (Observatorio Hídrico), con consultas a las comunidades. Se considera la participación de todos los usuarios del agua	Cuenca del río Los Choros
SG-06	Programa de Apoyo para la constitución de organizaciones de usuarios	Eje 5: Gobernanza	En la actualidad no existen comunidades de aguas subterráneas ni asociaciones de APR en la cuenca del Río Los Choros.	Promover alianzas público - privadas con el fin de gestionar sustentablemente el recurso hídrico.	Mejorar la gestión de los recursos hídricos en la cuenca del río Los Choros, mediante la creación de CAS para cada SHAC y organización de APRs a nivel de cuenca.	Cuenca del río Los Choros.
SG-07	Estudios e implementación de Prorratio del agua subterránea según uso y derechos	Eje 3: Eficiencia en el uso del agua	Actualmente no existe una limitación legal a la extracción de aguas subterráneas más que la establecida por el DAA.	Regular la demanda de agua, considerando las condiciones actuales y proyectadas de oferta del sistema subterráneo.	Estudiar e implementar prorratio de aguas subterráneas, sujeto a algún criterio a definir mediante estudios legal /administrativo/técnico, a realizar según lineamientos establecidos por la DGA.	Cuenca del Río Los Choros
		Eje 5: Gobernanza				
SG-08	Programas de Capacitación y fortalecimiento del conocimiento a profesionales claves y comunidad en general	Eje 3: Eficiencia de uso de agua	Se identifica una desconexión entre las demandas individuales de cada actor en la cuenca y el efecto global del uso del recurso en la cuenca.	Mecanismo de entrega de conocimiento e información que permita un mayor entendimiento del sistema.	Promover programas de capacitación, a cargo de la DGA y colaboración de otras entidades públicas (DOH/SISS, etc), formalizando instancias que estandaricen los conocimientos de los APR, regantes, entre otros	Cuenca del río Los Choros
		Eje 4: Manejo de información				

ID	Nombre	Eje del Plan	Brecha	Objetivo del Plan	Objetivo de la Acción	Localización
SG-09	Realizar estudios hídricos específicos (hidrológicos/hidrogeológicos/hidroquímicos), elaborados de manera periódica cada 3 años	Eje 4: Manejo de información	Se identifica un entendimiento del sistema que es insuficiente para ejecutar la apropiada gestión del recurso hídrico.	Mecanismo de entrega de conocimiento e información que permita un mayor entendimiento del sistema.	Realizar estudios hídricos específicos (hidrológicos /hidrogeológicos /hidroquímicos), elaborados de manera periódica cada 3 años para favorecer el aumento del entendimiento del sistema, incluyendo indicadores de sustentabilidad actualizados	Cuenca del río Los Choros
SG-10	Habilitar centro de información digital de recursos hídricos en la cuenca.	Eje 5: Gobernanza	La cuenca del río Los Choros no cuenta actualmente con una plataforma con información detallada de las componentes que ayuden a determinar las condiciones del recurso hídrico	Aumentar el conocimiento e información sobre los recursos hídricos y su uso.	Implementar un centro de información digital (página web) que agrupe las variables relevantes del sistema (niveles, caudales de extracción), de manera georreferenciada (mapa interactivo), y con data en tiempo real	Cuenca del río Los Choros
SG-11	Gestión y postulación a programas de Diseño e implementación de tecnificación de riego.	Eje 3: Eficiencia de uso de agua	En la actualidad se riegan aproximadamente 100 há de Olivos. De esta área, la gran mayoría de los regantes utiliza el método de riego por surco	Regular la demanda de agua, considerando las condiciones actuales y proyectadas de oferta del sistema subterráneo	Incrementar los niveles de tecnificación de la superficie regada, mediante fondos concursables específicos de tecnificación de 100 há de Olivos, ubicados en su mayoría en la localidad de Los Choros.	Cuenca río Los Choros
SG-12	Programa de seguimiento de calidad de aguas de la cuenca según usos por SHAC	Eje 1: Disponibilidad y Calidad de agua para distintos usos en la cuenca	Diagnóstico de calidad de agua subterránea es desfavorable, lo que determina la necesidad de tener una mejor red de monitoreo hidroquímico.	Mejorar calidad del agua en la cuenca.	Construir una red de monitoreo mejorada de aguas subterráneas, de manera de extender alcance de monitoreo actual, que consta de 5 pozos con frecuencia de monitoreo usualmente anual o bianual. Se pretende construir una red de al menos 50 pozos.	Cuenca del Río Los Choros

ID	Nombre	Eje del Plan	Brecha	Objetivo del Plan	Objetivo de la Acción	Localización
SG-13	Estudios Técnicos y legales para Regular crecimiento de parcelas de agrado en sector costero (Punta de Choros, El Llano, Los Choros)	Eje 1: Disponibilidad y Calidad de agua para distintos usos en la cuenca	Existe un aumento de las parcelaciones en el sector de "El Llano", en sectores de uso de riego, y en consecuencia mayor demanda de agua y extracciones irregulares	Regular o disminuir la demanda de agua, considerando las condiciones actuales y proyectadas de oferta del sistema subterráneo.	Realizar estudios técnicos y legales cuyo objetivo sea generar herramientas que regulen la extracción de las aguas subterráneas del SHAC Playa Los Choros (planes seccionales, fiscalización, actualización del PRC, etc.)	SHAC Los Choros Bajos y Playa Los Choros
		Eje 2: Conservación del recurso				
		Eje 5: Gobernanza				
SG-14	Programa de Buenas Prácticas agrícolas y de producción limpia	Eje 2: Conservación del recurso	Se identifica la necesidad de incentivar las buenas prácticas agrícolas en relación al uso de agroquímicos (pesticidas, fertilizantes, etc.)	Mejorar calidad del agua en la cuenca.	Generar lineamientos que incentiven las buenas prácticas agrícolas, mediante la supervisión de la Agencia Chilena de Sostenibilidad y Cambio Climático (ASCC) de cumplimiento de estándares tipo GlobalGAP (de manera individual), o de manera colectiva mediante la constitución de acuerdos.	Sectores de riego en la cuenca del Río Los Choros
SG-15	Estudios de mejoras del estado de Derechos de Aprovechamiento de Aguas DAA	Eje 3: Eficiencia en el uso del agua	Los derechos asignados en la cuenca son por 3.600 l/s y la recarga se ha estimado preliminarmente en 180 l/s, según lo anterior se reconoce la necesidad de limitar con algún instrumento legislativo el sobre otorgamiento de derechos en la cuenca ya existente.	Regular o disminuir la demanda potencial del agua, considerando las condiciones actuales y proyecciones de oferta del sistema subterráneo.	Se busca estudiar el nivel de restricción que posee el recurso hídrico subterráneo de los SHAC de Los Choros Bajos y Playa Los Choros con el fin de declararlos áreas de restricción (o zonas de prohibición, en función a los resultados).	Cuenca del Río Los Choros
		Eje 5: Gobernanza				

Fuente: Elaboración propia.

6.3.3 Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN)

Las SbN corresponden a una serie de prácticas de restauración del ciclo hidrológico y sus atributos, que emulan las propiedades de los ecosistemas para este propósito. Las SbN para la gestión del agua permiten mejorar el uso de los recursos hídricos; por ejemplo, mediante la conservación y protección de las cabeceras de las cuencas hidrográficas o mediante la regulación de los flujos naturales. Para efectos de este Plan, se incluyen también aquellas acciones que permitan devolver su aspecto natural áreas críticas de la cuenca, como lo es el lecho del río. Considera también infraestructuras verdes y medidas naturales, que pueden complementar a las infraestructuras “grises” tradicionales y reducir los costes totales de los servicios de agua tanto en las ciudades como en el medio rural. Se han desarrollado en diferentes partes del mundo. Un foco especial se le ha dado a aspectos de calidad de aguas relacionados con los pasivos ambientales de relaves existentes en el cauce.

Las principales características de estas soluciones son:

- Son soluciones con costos variables de implementación
- Los plazos de respuesta también son variables, aunque por lo general sus efectos se manifiestan en el largo plazo
- Los impactos de cada solución van más allá del aumento de la disponibilidad de agua, sino que involucran una gran cantidad de servicios ecosistémicos

La Tabla 6-9 presenta las principales acciones de este tipo consideradas en el portafolio de acciones.

Detalles de las soluciones que son consideradas en el portafolio de acciones se indican en el Anexo J-2.

Tabla 6-9: Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN)

ID	Nombre	Eje del Plan	Brecha	Objetivo del Plan	Objetivo de la Acción	Localización
SN-01	Programa de protección y restauración del lecho del río Los Choros, con evaluación específica de manejo o traslado de relaves existentes en el cauce	Eje 2: Conservación del recurso	Se ha establecido el problema de contaminación y calidad de las aguas asociado a los pasivos ambientales correspondientes a depósitos de relaves activos y abandonados existentes en el lecho del cauce del río Los Choros.	Disminuir la contaminación de las aguas subterráneas	Estudiar e implementar programa protección/restauración lecho río Los Choros con foco en el manejo de relaves existentes.	Cuenca del Río Los Choros
SN-02	Programa de Conservación de humedal La Boca	Eje 2: Conservación del recurso	Recientemente se ha declarado el humedal La Boca, ubicado en la localidad de Los Choros, como Santuario de la Naturaleza, constituyendo el primer ecosistema costero de la red de humedales	Proteger y Restaurar los ecosistemas acuáticos y terrestres relacionados con el recurso hídrico continental.	Proteger y Restaurar el Humedal La Boca.	Descarga de SHAC Los Choros Bajo
		Eje 4: Manejo de información				

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 7 CARTERA DE INICIATIVAS PROPUESTAS

El presente capítulo proporciona la cartera de iniciativas para el PEGH de la cuenca del río Los Choros, con la evaluación económica, social y ambiental, así como la priorización, valorización y cronograma propuesto para la implementación.

7.1 SÍNTESIS DE LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

La identificación y la priorización de las iniciativas y acciones que componen el PEGH se ha definido en base a: el diagnóstico de la cuenca; los aportes del proceso de PAC; y, aplicando el proceso metodológico detallado en el Anexo F acápite 3.6.

Los resultados de las brechas identificadas como parte del diagnóstico de la cuenca, la formulación del Plan y planteamiento de la cartera actual de acciones se ha presentado en el Capítulo 6, derivando de ello las iniciativas planteadas en el presente capítulo. En el Anexo J-2 se compilan las fichas resumen, donde pueden examinarse los detalles respectivos de cada acción.

La síntesis de selección de alternativas se presenta a continuación, organizada en acciones basadas en Infraestructura (Tabla 7-1), Acciones de Gestión (Tabla 7-2) y las acciones basadas en la Naturaleza (Tabla 7-3), identificando la acción y la entidad responsable.

Tabla 7-1: Síntesis de Acciones Basadas en la Infraestructura (SbI)

ID	Nombre de la Acción	Entidad responsable
SI-01	Perforación de Pozos Profundos para consumo humano de localidades La Higuera y Pta Colorada	DOH
SI-02	Construcción de Planta desalinizadora	DOH, Dirección General de Concesiones MOP
SI-03	Construcción de Captadoras agua de niebla	CORFO, INDAP, CNR
SI-04	Diseños y construcción de sistemas de reutilización de aguas grises y tratadas	DOH
SI-05	Implementación de Sistemas de Control de extracción de aguas subterráneas	DOU, CNR, INDAP, Div. Hidrología DGA
SI-06	Programa de mejoramiento de red hidrométrica de pozos y sistema de telemetría	DGA Central, Div. Hidrología DGA, DTI
SI-07	Implementación de Recarga inducida de acuíferos	DOH, GORE

Fuente: Elaboración propia

DOH: Dirección de Obras Hidráulicas

MOP: Ministerio de Obras Públicas

CORFO: Corporación de Fomento de la Producción

INDAP: Instituto de Desarrollo Agropecuario

CNR: Comisión Nacional de Riego

GORE: Gobierno Regional de Coquimbo

DOU: Departamento de Organizaciones de Usuarios de la DGA

DTI: Departamento de Tecnologías de la Información de la DGA

Tabla 7-2: Síntesis de Acciones Basadas en Gestión (SbG)

ID	Nombre de la Acción	Entidad responsable
SG-01	Estudios de soluciones de abastecimiento para consumo humano	DOH
SG-02	Programa de apoyo para la asignación/regularización de DAA para APRs	DARH, DOH
SG-03	Acuerdos de distribución de agua para consumo humano	DGA-DOU
SG-04	Estudios e implementación de una gobernanza local de gestión del recurso hídrico	DGA Regional, DEP-DOU, GORE
SG-05	Proyecto para la creación de "Mesa de Trabajo" a nivel de cuenca	DGA Regional – DOU, DOH, GORE
SG-06	Programa de Apoyo para la constitución de organizaciones de usuarios	DGA Regional y DOU, DOH
SG-07	Estudios e implementación de Prorrato del agua subterránea según uso y derechos	DGA Regional y DARH-DOU
SG-08	Programas de Capacitación y fortalecimiento del conocimiento	DOH, DGA central Gobernanza local
SG-09	Realizar estudios hídricos específicos (hidrológicos/hidrogeológicos/hidroquímicos), según requerimientos de la cuenca.	DGA regional y DEP
SG-10	Habilitar centro de información digital de recursos hídricos en la cuenca.	DGA Regional y DTI
SG-11	Gestión y postulación a Programas de Diseño e implementación de tecnificación de riego.	INDAP/CNR
SG-12	Programa de seguimiento de calidad de aguas de la cuenca	DGA Regional y DCPRH
SG-13	Estudios Técnicos y legales para Regular crecimiento de parcelas	Ministerio de Agricultura-SAG, Municipalidad de La Higuera
SG-14	Programa de Buenas Prácticas agrícolas y de producción limpia	CNR, INDAP, ASCC
SG-15	Estudios de mejoras del estado de Derechos de Aprovechamiento de Aguas DAA	DGA Central y DARH

Fuente: Elaboración propia

DOH: Dirección de Obras Hidráulicas

INDAP: Instituto de Desarrollo Agropecuario

CNR: Comisión Nacional de Riego

GORE: Gobierno Regional de Coquimbo

SAG: Servicio Agrícola y Ganadero

ASCC: Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático

DOU: Departamento de Organizaciones de Usuarios de la DGA

DTI: Departamento de Tecnologías de la Información de la DGA

DEP: Departamento de Estudios y Planificación de la DGA

DARH: Departamento de Administración de Recursos Hídricos de la DGA

DCPRH: Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos de la DGA

Tabla 7-3: Síntesis de Acciones Basadas en la Naturaleza (SbN)

ID	Nombre de la Acción	Entidad responsable
SN-01	Programa de protección y restauración del lecho del río Los Choros, con evaluación específica de manejo o traslado de relaves existentes en el cauce	Sernageomin – DGA Regional y DCPRH
SN-02	Programa de Conservación de humedal La Boca	MMA – DGA Regional y DCPRH

Fuente: Elaboración propia.

DCPRH: Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos

MMA: Ministerio del Medio Ambiente

7.2 ALTERNATIVAS SELECCIONADAS

La selección de las alternativas se desarrolla de acuerdo con la metodología multicriterio indicada en el Anexo F, que considera como parte de sus parámetros la evaluación económica, social, ambiental, aporte a la brecha prioritaria de consumo humano y aporte a la brecha de disponibilidad de agua. A continuación, se presentan los resultados de esta evaluación y la priorización de inversión del Plan de Acción. En todos los casos la asignación de puntaje se realiza sujeta a la revisión de un equipo especialista, según ámbito, con una posterior validación realizada por la inspección fiscal de la DGA.

7.2.1 Evaluación Económica

Gran parte de las medidas seleccionadas corresponden a medidas no estructurales, o habilitantes para la toma de decisiones, que son necesarias para la gestión de los recursos hídricos. No obstante, es importante resaltar que, para este tipo de acciones no es siempre posible atribuir beneficios directos o externalidades evaluables, a pesar de que sí contribuyen a obtener información de base o generen capacidades necesarias para los objetivos del Plan, su impacto está orientado principalmente a la gestión.

La evaluación de cada medida se presenta en Anexo J-3, donde se indican los supuestos para determinar los elementos de costo, el flujo de evaluación y los resultados respectivos. Es importante considerar que la estimación de costos es una aproximación general, basada en referencias de licitaciones, gasto público y/o público-privado. La inversión exacta se debe determinar una vez que se definan los alcances específicos de cada iniciativa, y cuando se desarrollen los estudios de factibilidad y/o detalles correspondientes, lo que permitirá identificar los elementos de costos reales requeridos para la inversión. Las estimaciones acá presentadas son una aproximación referencial que permiten tener un primer acercamiento al costo del Plan. En la Tabla 7-4 se presenta el resumen de la estimación económica de las iniciativas consideradas para el Plan.

Tabla 7-4: Resumen de evaluación económica de iniciativas

Nº Ficha	ACCION	CAPEX (UF)	OPEX (UF)
SI-01	02 Pozos Profundos para abastecimiento consumo humano.	UF 5.499	UF 610
SI-02	01 Plantas desalinizadora 75l/s para consumo humano en sectores costeros y otros usos.	UF 326.865	UF 496.924
SI-03	Construcción de Captadoras agua de niebla como nuevas fuentes alternativas.	UF 37.348	UF 11
SI-04	Reutilización de aguas grises y tratadas.	UF 26.048	UF 163
SI-05	Sistemas de Control de extracción de aguas subterráneas.	UF 7.025	N/A
SI-06	Programas de diseño e implementación de Telemetría y red hidrométrica.	UF 85.677	UF 139.225
SI-07	Recarga de acuíferos mediante barreras a escurrimiento superficial.	UF 8.984	UF 3
SG-01	Estudios de soluciones abastecimiento para consumo humano	UF 18.871	N/A
SG-02	Regularización de derechos para APRs (mediante compra u otros).	N/A	UF 133
SG-03	Acuerdos de distribución de agua para consumo humano	UF 4.427	UF 14.131
SG-04	Estudios e implementación de una gobernanza local de gestión del recurso hídrico	N/A	UF 703
SG-05	Constituir mesa de trabajo local a nivel de cuenca público-privada en la cuenca.	N/A	UF 137
SG-06	Fortalecimiento de organizaciones de usuarios (constituir comunidades de aguas subterráneas / Asociación de APRs).	UF 1.935	UF 798
SG-07	Estudios e implementación de Prorratio del agua subterránea según uso y derechos	UF 4.899	UF 68
SG-08	Programas de Capacitación y fortalecimiento del conocimiento	UF 67	UF 5.933
SG-09	Investigación y desarrollo del uso sostenible del recurso hídrico en la cuenca	N/A	UF 39.860
SG-10	Habilitar centro de información digital de recursos hídricos en la cuenca.	UF 1.264	UF 2.662
SG-11	Programas de Diseño e implementación de tecnificación de riego para todos los cultivos.	UF 18.849	UF 20.975
SG-12	Programa de seguimiento de calidad de aguas de la cuenca según usos por SHAC.	N/A	UF 8.211

Nº Ficha	ACCION	CAPEX (UF)	OPEX (UF)
SG-13	Regular crecimiento de parcelas de agrado en sector costero (Punta de Choros, EL Llano y Los Choros) con PRC y PRI de acuerdo con factibilidad de disponer de Agua Potable.	UF 67	UF 4.447
SG-14	Buenas Prácticas agrícolas y de producción limpia.	UF 3.803	N/A
SG-15	Sistemas de Control de extracción de aguas subterráneas.	UF 67	UF 8.406
SN-01	Restauración del lecho del río Los Choros, con evaluación específica de manejo o traslado de relaves	UF 9.960	N/A
SN-02	Programa de Conservación de humedal La Boca	N/A	UF 7.877

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 7-5 presentan los resultados agregados según tipología de acción, donde se puede apreciar que el mayor porcentaje de costos totales evaluados a través del CAPEX y OPEX están concentrados en las acciones de Infraestructura. Esto se debe al alto costo que significan estas acciones al contemplar medidas estructurales, siendo particularmente la planta desaladora la que concentra un valor superior al 70% de los costos de inversión y de operación totales. Respecto a las acciones relativas a Soluciones de Gestión, suponen un bajo costo de inversión/operación siendo sustancialmente inferiores a las medidas de infraestructura; estas acciones son de tipo no estructurales y algunas de ellas se consideran estratégicas porque son habilitantes para otras acciones del Plan de Acción. Las iniciativas relacionadas con la línea de acción denominada basadas en la naturaleza son de menor costo relativo, ya que, aun siendo también acciones estructurales, únicamente son dos medidas de costo relativamente bajo.

Tabla 7-5: Resumen de evaluación económica por tipología de acciones

Tipología	CAPEX (UF)	OPEX (UF)
SI	497.446	636.936
SG	54.249	106.464
SN	9.960	7.877
Total	561.656	751.278

Fuente: Elaboración propia.

Para efectos de la priorización, el indicador económico contemplado es el CAPEX categorizado como bajo, medio o alto, con una ponderación 1, 2 o 4, respectivamente. La ponderación se considera inversamente proporcional al costo, esto es a mayor costo es menor la ponderación de priorización.

7.2.2 Evaluación Social

La evaluación social se realiza basada en el trabajo desarrollado por la participación ciudadana del presente estudio. Dichas actividades son detalladamente presentadas en el Anexo I Informe de PAC, complementando con soportes en sus Anexos respectivos, todo lo cual son insumos para la presente sección.

Para esta evaluación se considera la opinión de los actores respecto de la identificación de problemas y brechas más relevantes, frente a aquellas soluciones que no consideran oportunas o que causan rechazo. Así, la evaluación social se basa en una validación de las medidas en función de si aporta o no en la solución de las problemáticas identificadas durante proceso de consulta ciudadana. Según se desprende de la trazabilidad de los resultados de las entrevistas y reuniones del proceso de PAC, se identifica las brechas que se abordan a través de cada medida identificada, así como también la identificación de los actores asociados.

Para efectos de la priorización, la información de problemáticas levantadas desde las actividades PAC y su relación con las soluciones planteadas en este PEGH, se traduce a un indicador social. Se asigna un puntaje que va de 1 a 4, siendo la puntuación más alta cuando la iniciativa soluciona problemáticas mencionadas por dos o más actores; y la puntuación menor responde a una iniciativa no identificada por los actores. La metodología se expone en el Anexo F, y sus puntuaciones resultantes se presentan en la Tabla 7-6 del presente capítulo.

7.2.3 Evaluación Ambiental

La evaluación ambiental recoge los aspectos principales en materia medioambiental del proyecto propuesto. Estos se han definido en dos indicadores de evaluación: la pertinencia de ingreso al SEA; y el impacto en la protección y conservación de los recursos, aportando al objetivo 4 del PEGH.

La puntuación en el primer indicador sobre ingreso al SEA se valoriza en 0 o 1, donde 0 se refiere a que requiere ingresar al SEA con mayores requerimientos de gestión, tiempo y recursos (ver metodología en el Anexo F).

Para el análisis cualitativo del impacto en la protección y conservación de los recursos naturales, se recurre a la opinión del equipo consultor, considerando una clasificación de impacto bajo, medio o alto, con puntuación 1, 2 y 4 respectivamente. Se asigna un mayor puntaje si se estima una mayor incidencia directa (positiva) en recursos naturales (metodología se presenta en el Anexo F).

El puntaje ambiental asociado a cada iniciativa, tanto por ingreso o no al SEA como por el impacto en la protección y conservación del recurso, se presenta en la Tabla 7-6.

7.2.4 Priorización Consumo Humano

Para la priorización de las soluciones se incluye también los criterios de sostenibilidad establecidos como parte del Plan, particularmente los relacionados con la priorización del consumo humano. La puntuación para este criterio se asigna de acuerdo con si la medida se asocia al consumo humano o no, siendo 0 o 1, donde 1 se refiere a que aporta a una solución relacionado con el consumo humano; y 0 a que no lo hace.

7.2.5 Efectividad a la Disponibilidad

De igual manera que la consideración del punto anterior, esta instancia de priorización de las soluciones da mayor relevancia a aquellas acciones que aportan recursos hídricos adicionales a la cuenca y que por lo tanto permiten disminuir la brecha asociada a la disponibilidad del agua. La puntuación para este criterio se asigna de acuerdo con el impacto de la medida en el aporte de recursos hídricos adicionales, con asignaciones cualitativas bajo, medio o alto, con puntuación 1, 2 y 4 respectivamente.

7.2.6 Priorización de las medidas

El presente análisis permite agrupar las acciones según los ejes estratégicos definidos, lo cual es considerado en la planificación y su posterior implementación, priorizando aquellas que requieren una especial atención por tratar temas que constituyen la base en la que se apoyarán otras acciones. Para ello se ha procedido a priorizar las acciones atendiendo a una secuencia estratégica de planificación, que a su vez se fundamenta en el diagnóstico de la cuenca realizado y las actividades PAC.

El objetivo de la priorización es planificar la ejecución del PEGH en el horizonte previsto como corto, mediano y largo plazo. La priorización se basa en un análisis multicriterio (detalle metodológico en sección 3.6.5 del Anexo F), donde los criterios y ponderaciones han sido sugeridas desde la opinión experta del equipo consultor. Para aumentar la confiabilidad en este método, en futuras aplicaciones, se sugiere que tanto los criterios como las ponderaciones sean definidas en una mesa de trabajo ampliada a distintos actores de la cuenca. Para efectos del presente ejercicio y en base a la opinión experta del equipo consultor se ha seguido el esquema de la Figura 7-1.



Figura 7-1. Esquema de Priorización de Acciones

Fuente: Elaboración propia.

Las puntuaciones asignadas a cada variable y los resultados obtenidos para la priorización de las acciones se presentan en la Tabla 7-6, organizadas de mayor prioridad a menor. Aquellas iniciativas con mayor puntaje son las que resultan prioritarias, lo que permite tener un orden referencial para orientar la planificación de las acciones del Plan.

Un criterio importante para señalar corresponde al caso en que se tengan dos o más acciones con un mismo puntaje: en tal caso, se priorizan las acciones que tengan un impacto directo en el consumo humano. Lo anterior justifica la priorización de las acciones cuya posición se encuentra entre la quinta y octava prioridad. En el caso de la novena y décima prioridad, se decide por aquellas acciones orientadas principalmente a la gobernanza del recurso hídrico (gobernanza local y mesas de trabajo).

Tabla 7-6: Priorización de Acciones

Prioridad	ID	Nombre de la Acción	Amb. (SEA)	Amb. (Imp.)	Social	Econ.	Estr.	Cons. Hum.	Efect. Dispon.	Ptos
1	SI-07	Implementación de Recarga inducida de acuíferos	1	1	4	2	2	0	4	1,85
2	SG-02	Programa de apoyo para la asignación/regularización de DAA para APRs La Higuera y Punta Colorada	0	1	4	4	2	1	1	1,8
3	SN-02	Programa de Conservación de humedal La Boca	0	2	4	4	4	0	1	1,8
4	SG-11	Gestión y postulación a programas de Diseño e implementación de tecnificación de riego.	0	1	4	2	2	0	4	1,8
5	SI-01	Perforación de Pozos Profundos para consumo humano de localidades La Higuera y Pta Colorada	0	1	4	2	2	1	2	1,7
6	SG-01	Estudios de soluciones de abastecimiento para consumo humano	0	1	4	4	1	1	1	1,7
7	SG-03	Acuerdos de distribución de agua para consumo humano	0	1	4	2	4	1	1	1,7
8	SI-02	Construcción de Planta desalinizadora	1	2	1	1	1	1	4	1,7
9	SG-04	Estudios e implementación de una gobernanza local de gestión del recurso hídrico	0	1	4	4	4	0	1	1,7
10	SG-05	Proyecto para la creación de "Mesa de Trabajo" a nivel de cuenca	0	1	4	4	4	0	1	1,7
11	SG-06	Programa de Apoyo para la constitución de organizaciones de usuarios	0	1	4	4	4	0	1	1,7
12	SG-08	Programas de Capacitación y fortalecimiento del conocimiento a profesionales claves y comunidad en general	0	1	4	4	4	0	1	1,7
13	SG-09	Realizar estudios hídricos específicos (hidrológicos/hidrogeológicos/hidroquímicos), elaborados de manera periódica cada 3 años	0	1	4	4	4	0	1	1,7
14	SG-12	Programa de seguimiento de calidad de aguas de la cuenca según usos por SHAC	0	1	4	4	4	0	1	1,7
15	SG-15	Estudios de mejoras del estado de Derechos de Aprovechamiento de Aguas DAA	0	1	4	4	4	0	1	1,7
16	SG-10	Habilitar centro de información digital de recursos hídricos en la cuenca.	0	1	4	4	2	0	1	1,5
17	SG-13	Estudios Técnicos y legales para Regular crecimiento de parcelas de agrado en sector costero (Punta de Choros, El Llano, Los Choros)	0	1	2	4	4	0	1	1,5
18	SG-14	Programa de Buenas Prácticas agrícolas y de producción limpia	0	1	2	4	4	0	1	1,5
19	SI-05	Implementación de Sistemas de Control de extracción de aguas subterráneas	0	1	4	2	4	0	1	1,4
20	SG-07	Estudios e implementación de Prorratio del agua subterránea según uso y derechos	0	1	4	2	4	0	1	1,4
21	SI-04	Diseño y construcción de sistemas de reutilización de aguas grises y tratadas	0	1	4	2	2	0	2	1,4

Prioridad	ID	Nombre de la Acción	Amb. (SEA)	Amb. (Imp.)	Social	Econ.	Estr.	Cons. Hum.	Efect. Dispon.	Ptos
22	SI-06	Programa de mejoramiento de red hidrométrica de pozos y sistema de telemetría	0	1	4	1	4	0	1	1,25
23	SI-03	Construcción de captadoras de agua de niebla	0	1	1	2	2	0	2	1,1
24	SN-01	Programa de protección y restauración del lecho del río Los Choros, con evaluación específica de manejo o traslado de relaves existentes en el cauce	1	2	2	2	1	0	1	1,05

Fuente: Elaboración propia.

7.3 VALORIZACIÓN ECONÓMICA DEL PLAN ESTRATÉGICO DE GESTION HÍDRICA

El costo total de las iniciativas consideradas en el Plan asciende a un valor actual de Inversión de 561.656 UF y costos operacionales de 751.278 UF como costo anual equivalente evaluado a un máximo de 10 años. El costo asociado a las 10 acciones priorizadas asciende a 383.496 UF y 541.494 de los costos operacionales anual equivalente.

El esquema de financiamiento de los PEGH se basa principalmente en la coordinación de las entidades públicas, reasignación de presupuesto público, y la gestión de los fondos y/o programas en forma consistente a los objetivos y medidas del Plan. Desde la perspectiva del financiamiento, algunos costos pueden ser atribuidos al sector público, otros al sector privado (inversión fiscal) y otros pueden ser pensados como una forma de financiamiento mixto (por ejemplo, medidas relacionadas con la tecnificación del riego, planta desaladora, entre otros).

La implementación de las iniciativas consideradas en el presente PEGH dependen principalmente de la inversión fiscal, por lo que toma especial relevancia la estrategia de financiamiento que permita implementar el Plan con éxito. Para ello, se debe tomar en consideración la posibilidad de que las iniciativas se acojan a subsidios y herramientas de política existente, o en su defecto se deberán definir programas específicos acorde a lo planteado en cada medida.

Así, la estrategia de financiamiento para la implementación de las medidas debe considerar las principales fuentes de financiamiento nacionales, pero también debe tener a la vista las fuentes internacionales. En particular, en materia internacional, existen fondos de acción climática que tienen una orientación a la adaptación, considerando temáticas adjudicables a la gestión de recursos hídricos, la construcción de obras adaptativas y la gestión del riesgo frente a desastres, como aluviones, inundaciones, entre otros. Por ello se considera una oportunidad observar la aplicabilidad de dichos fondos internacionales durante la implementación del presente Plan.

Por lo pronto, y en base al financiamiento nacional, a continuación, se resumen las acciones según el responsable de su ejecución, quien deberá asegurar la implementación de la iniciativa a través de la coordinación de distintos actores, asignando presupuesto público, y/o gestionando los fondos y/o programas relacionados.

7.3.1 Acciones ejecutadas por DGA

La Tabla 7-7 presenta las iniciativas que se han identificado con la DGA como institución coordinadora responsable principal.

Tabla 7-7: Acciones ejecutadas por la DGA

ID	Nombre de la Acción	Entidad responsable
SI-05	Implementación de Sistemas de Control de extracción de aguas subterráneas	DOU, CNR, Indap, Div. Hidrología DGA

ID	Nombre de la Acción	Entidad responsable
SI-06	Programa de mejoramiento de red hidrométrica de pozos y sistema de telemetría	DGA Central, Div. Hidrología, DTI
SG-03	Acuerdos de distribución de agua para consumo humano	DGA-DOU
SG-04	Estudios e implementación de una gobernanza local de gestión del recurso hídrico	DGA Regional, DEP-DOU, GORE
SG-05	Proyecto para la creación de "Mesa de Trabajo" a nivel de cuenca	DGA Regional – DOU, DOH, GORE
SG-06	Programa de Apoyo para la constitución de organizaciones de usuarios	DGA Regional y DOU, DOH
SG-07	Estudios e implementación de Prorrato de agua subterránea según uso y derechos	DGA Regional y DARH-DOU
SG-09	Realizar estudios hídricos específicos (hidrológicos/hidrogeológicos/hidroquímicos), elaborados de manera periódica cada 3 años	DGA regional y DEP
SG-10	Habilitar centro de información digital de recursos hídricos en la cuenca.	DGA Regional y DTI
SG-12	Programa de seguimiento de calidad de aguas de la cuenca	DGA Regional y DCPRH
SG-15	Estudios de mejoras del estado de Derechos de Aprovechamiento de Aguas DAA	DGA Central y DARH

Fuente: Elaboración propia.

7.3.2 Acciones ejecutadas por otras instituciones

La Tabla 7-8 presenta las iniciativas que se han identificado a otras instituciones como responsables.

Tabla 7-8: Acciones ejecutadas por otras instituciones

ID	Nombre de la Acción	Entidad responsable
SI-01	Perforación de Pozos Profundos para consumo humano de localidades La Higuera y Pta. Colorada	DOH
SI-02	Construcción de Planta desalinizadora	DOH, Dirección General de Concesiones MOP
SI-03	Construcción de Captadoras agua de niebla	CORFO, INDAP, CNR
SI-04	Diseños e implementación de sistemas de reutilización de aguas grises y tratadas	DOH
SI-07	Implementación de Recarga inducida de acuíferos	DOH, GORE
SG-01	Estudios de soluciones de abastecimiento para consumo humano	DOH
SG-02	Programa de apoyo para la asignación/regularización de DAA para APRs	DARH, DOH
SG-08	Programas de Capacitación y fortalecimiento del conocimiento	DOH, DGA central Gobernanza local
SG-11	Gestión y postulación a programas de Diseño e implementación de tecnificación de riego.	INDAP/CNR
SG-13	Estudios Técnicos y legales para Regular crecimiento de parcelas	Ministerio de Agricultura-SAG, Municipalidad de La Higuera

ID	Nombre de la Acción	Entidad responsable
SG-14	Programa de Buenas Prácticas agrícolas y de producción limpia	CNR, INDAP, ASCC
SN-01	Programa de protección y restauración del lecho del río Los Choros, con evaluación específica de manejo o traslado de relaves existentes en el cauce	Sernageomin – DGA Regional y DCPRH
SN-02	Programa de Conservación de humedal La Boca	MMA – DGA Regional y DCPRH

Fuente: Elaboración propia.

7.3.3 Distribución de Costos según Instituciones

La Tabla 7-9 presenta resultados de la evaluación económica según las instituciones responsables de ejecutar las iniciativas.

Tabla 7-9: Distribución de costos Según instituciones ejecutoras

Institución	CAPEX (UF)	OPEX (UF)
ASCC	3.803	-
CNR	18.849	20.975
DGA	105.294	214.202
DOH	423.683	503.777
MMA	-	7.877
Sernageomin	9.960	-
Min. Agricultura	67	4.447
Total	561.656	751.278

Fuente: Elaboración propia.

7.4 CRONOGRAMA DE LAS SOLUCIONES

La Figura 7-2 presenta el esquema de la programación de las acciones consideradas en el PEGH de la cuenca del río Los Choros. Es el resultado del análisis e integración de los diversos componentes trabajados, priorizados y seleccionados a través de todo el estudio.

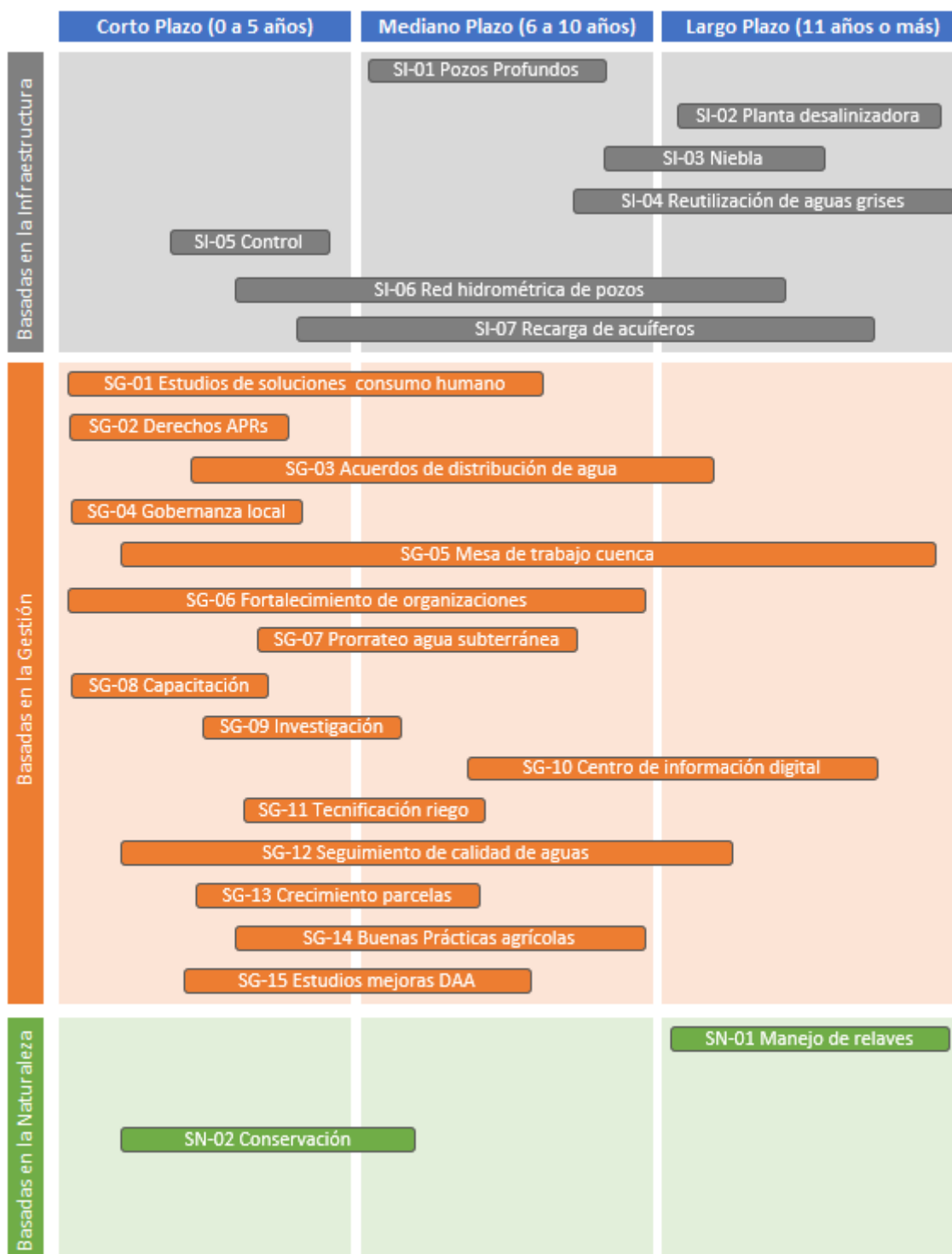


Figura 7-2. Cronograma Plan de Acción PEGH Los Choros

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 8 IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN

En el presente capítulo se presentan los principales hitos identificados en la implementación del Plan de Acción, atendiendo a su horizonte (corto, mediano o largo plazo). Seguidamente, se exponen algunas directrices a considerar para el éxito del Plan de Acción, tanto en lo relativa a la estrategia de su implementación como comunicacional. Finalmente, se incluye un resumen con la identificación de las fuentes de financiamiento consideradas. Para efectos de estandarizar enfoques de implementación para este Plan, se han tomado como referencia otros PEGH de cuencas de la IV Región, como lo son los PEGH Elqui, Limarí y Choapa.

8.1 HITOS DE REFERENCIA EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN

A continuación, se expone un resumen de la estructura del PEGH y los principales hitos a considerar, en función de la temporalidad establecida para cada medida del Plan de Acción.

8.1.1 Estructura del Plan de Gestión

La estructura del PEGH se ha establecido de acuerdo con 5 ejes estratégicos, alineados según los objetivos del presente estudio:

- Eje 1. Disponibilidad y Calidad de agua
- Eje 2. Conservación
- Eje 3. Eficiencia en el uso del agua
- Eje 4. Manejo de Información
- Eje 5. Gobernanza

A su vez, en cuanto a su tipología, las iniciativas se clasifican en 3 tipos:

- Soluciones Infraestructura (SI)
- Soluciones Gestión (SG)
- Soluciones Naturaleza (SN)

Un detalle la clasificación de las acciones según tipología y ejes estratégicos se presenta en la Tabla 8-1.

En los apartados siguientes se analiza el número de iniciativas que se aborda por Eje Estratégico y por tipología (SI, SG y SN) en cada horizonte (corto, mediano y/o largo), para tener una visión del tipo de acciones que se abordan.

Tabla 8-1: Portafolio de Acciones PEGH Los Choros por Tipología y Ejes Estratégicos

PRIORIDAD	ID	ACCIÓN	ENTIDAD FINANCIERA	TIPO DE ACCIÓN	EJES
1	SI-07	Implementación de Recarga inducida de acuíferos	DOH	Propuesta	Disponibilidad y Calidad de agua
2	SG-02	Programa de apoyo para la asignación/regularización de DAA para APRs La Higuera y Punta Colorada	DOH	Propuesta	Disponibilidad y Calidad de agua
3	SN-02	Programa de Conservación de humedal La Boca	MMA	Propuesta	Conservación
4	SG-11	Gestión y postulación a Programas de Diseño e implementación de tecnificación de riego.	CNR	Propuesta	Eficiencia en el uso del agua
5	SI-01	Perforación de Pozos Profundos para consumo humano de localidades La Higuera y Punta Colorada	DOH	Propuesta	Disponibilidad y Calidad de agua
6	SG-01	Estudios de soluciones de abastecimiento para consumo humano	DOH	Propuesta	Disponibilidad y Calidad de agua
7	SG-03	Acuerdos de distribución de agua para consumo humano	DGA	Propuesta	Disponibilidad y Calidad de agua
8	SI-02	Construcción de Planta desalinizadora	DOH	Propuesta	Disponibilidad y Calidad de agua
9	SG-04	Estudios e implementación de una gobernanza local de gestión del recurso hídrico	DGA	Propuesta	Gobernanza
10	SG-05	Proyecto para la creación de "Mesa de Trabajo" a nivel de cuenca	DGA	Propuesta	Gobernanza
11	SG-06	Programa de Apoyo para la constitución de organizaciones de usuarios	DGA	Propuesta	Gobernanza
12	SG-08	Programas de Capacitación y fortalecimiento del conocimiento a profesionales claves y comunidad en general	DOH	Propuesta	Eficiencia en el uso del agua
13	SG-09	Realizar estudios hídricos específicos (hidrológicos/hidrogeológicos/hidroquímicos), elaborados de manera periódica cada 3 años	DGA	Propuesta	Eficiencia en el uso del agua
14	SG-12	Programa de seguimiento de calidad de aguas de la cuenca según usos por SHAC.	DGA	Propuesta	Disponibilidad y Calidad de agua
15	SG-15	Estudios de mejoras del estado de Derechos de Aprovechamiento de Aguas DAA	DGA	Propuesta	Eficiencia en el uso del agua
16	SG-10	Habilitar centro de información digital de recursos hídricos en la cuenca.	DGA	Propuesta	Gobernanza
17	SG-13	Estudios Técnicos y legales para Regular crecimiento de parcelas de agrado en sector costero (Punta de Choros, El Llano, Los Choros)	Min. Agricultura	Propuesta	Disponibilidad y Calidad de agua
18	SG-14	Programa de Buenas Prácticas agrícolas y de producción limpia	ASCC	Propuesta	Conservación
19	SI-05	Implementación de Sistemas de Control de extracción de aguas subterráneas	DGA	Propuesta	Eficiencia en el uso del agua
20	SG-07	Estudios e implementación de Prorratio del agua subterránea según uso y derechos	DGA	Propuesta	Eficiencia en el uso del agua
21	SI-04	Diseño y construcción de sistemas de reutilización de aguas grises y tratadas	DOH	Propuesta	Disponibilidad y Calidad de agua
22	SI-06	Programa de mejoramiento de red hidrométrica de pozos y sistema de telemetría	DGA	Propuesta	Eficiencia en el uso del agua
23	SI-03	Construcción de Captadoras agua de niebla	DOH	Propuesta	Disponibilidad y Calidad de agua
24	SN-01	Programa de protección y restauración del lecho del río Los Choros, con evaluación específica de manejo o traslado de relaves existentes en el cauce	Sernageomin	Propuesta	Conservación



Fuente: Elaboración propia.

8.1.2 Corto plazo

Cabe señalar que el mayor número de iniciativas del PEGH corresponden a medidas de intervención con un horizonte a corto plazo (17 acciones). Entre ellas, existen acciones de las 3 tipologías: Soluciones Infraestructura (SI), Soluciones Gestión (SG) y soluciones Naturaleza (SN). En cualquier caso, las iniciativas planteadas tienden a resolver brechas de los 5 Ejes establecidos en el PEGH. En la Figura 8-1 se presenta un resumen de lo anterior.

Como hitos de referencia, cabría destacar las soluciones asociadas a "SG-01 Estudios de consumo Humano", "SG-04 Gobernanza" y "SG-08 Capacitación" todas las cuales se consideran muy relevantes para la consecución de otras medidas de diferentes naturalezas.

8.1.3 Mediano plazo

En la Figura 8-1 se presenta la distribución de iniciativas en un horizonte a mediano plazo, según tipología de la acción, siendo las del tipo Infraestructura las de mayor número y su repercusión positiva sobre diferentes ejes del PEGH.

A mediano plazo, los hitos relevantes tienen relación con la operación de infraestructura que aporta recursos a los usuarios, siendo la de mayor relevancia la "SI-07 Recarga de acuíferos", "SI-01 Pozos Profundos" y SG-11 Tecnificación del riego".

8.1.4 Largo plazo

La distribución de iniciativas en un horizonte a largo plazo corresponde a un 50% para tipología de acción Infraestructura y 50% para solución basada en Naturaleza, teniendo una repercusión positiva sobre los ejes del PEGH (Ver Figura 8-1).

A largo plazo, el hito relevante tiene relación con la operación de la "SI-02 Planta Desalinizadora". La otra acción presente corresponde a la acción "SN-01 Manejo de Relaves".

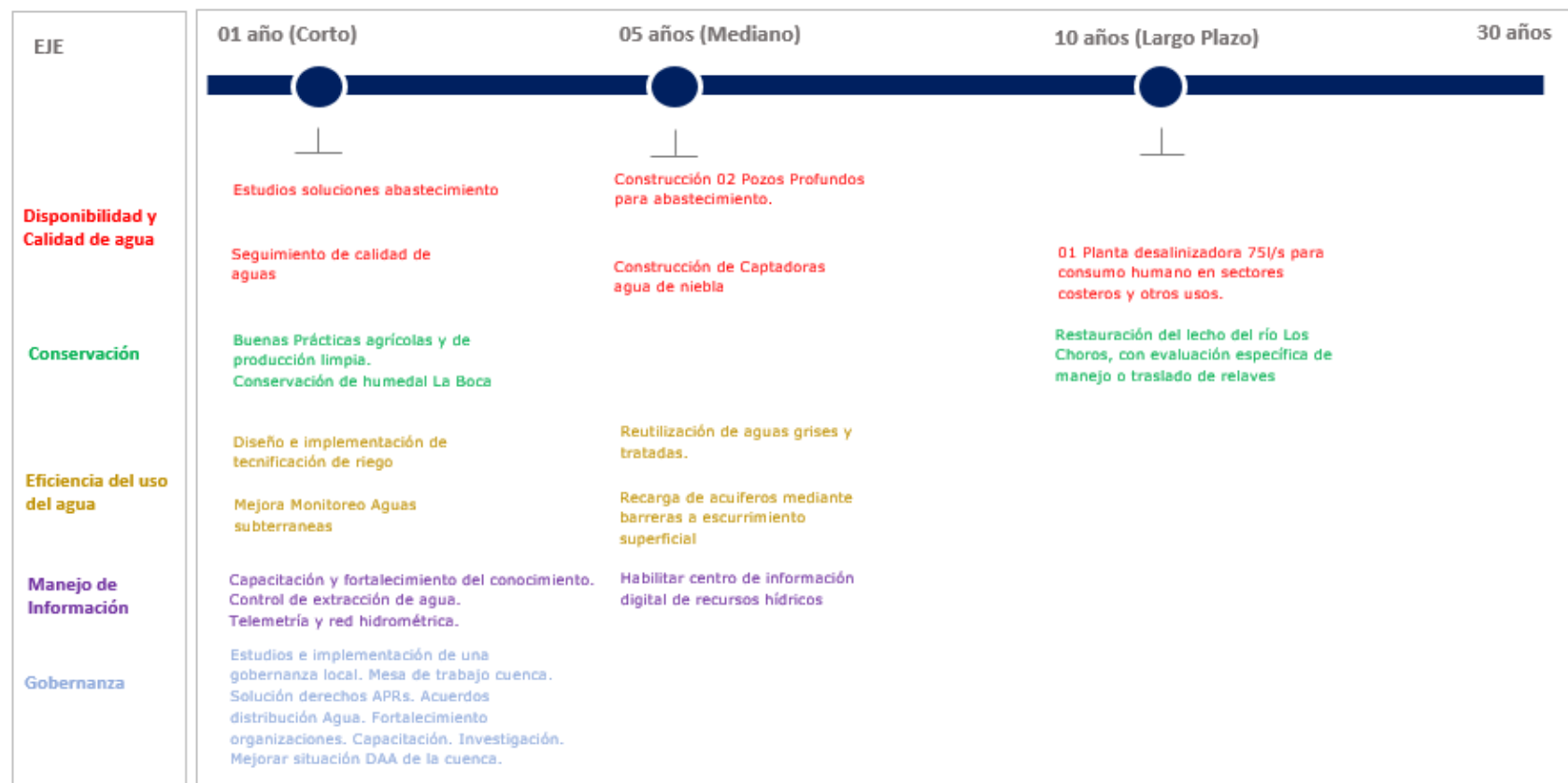


Figura 8-1. Distribución de Acciones de Corto, Mediano y Largo Plazo

Fuente: Elaboración propia.

8.2 ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN

El éxito de la implementación de las iniciativas del PEGH Los Choros está determinado por gestión de las instituciones responsables y condiciones del entorno que pueden facilitar o retardar la implementación de las acciones definidas, entre las cuales se encuentran temas de instalación de una gobernanza del agua, aspectos institucionales, culturales, de financiamiento o legales. A continuación, se exponen estos aspectos condicionantes que pueden afectar la aplicación de cada iniciativa y una propuesta sobre los pasos de implementación del PEGH.

8.2.1 Gobernanza para el PEGH Los Choros

La Gobernanza se plantea como la organización requerida para permitir el funcionamiento del sistema de mejoramiento continuo para la gestión de los recursos hídricos en la cuenca del río Los Choros. Para la implementación del Plan se requiere una instancia de coordinación y que facilite el trabajo conjunto de las distintas entidades responsables de llevar a cabo las iniciativas ya identificadas. El establecimiento de esta instancia, que no está presente hoy en la cuenca, es parte de las acciones definidas en el PEGH Los Choros y que debe ser implementada en el corto plazo.

8.2.2 Aspectos Institucionales

La institucionalidad existente en materia hídrica puede suponer un condicionante para la implementación de ciertas iniciativas del PEGH. De acuerdo con referencias de otros PEGH desarrollados en la región, entre las condicionantes institucionales es posible considerar las siguientes:

i) De diseño institucional: Corresponden a las limitaciones o facilidades derivadas de la estructura institucional o de las funciones asignadas (o ausentes) a las distintas instituciones. En esta categoría se consideran problemas tales como los de coordinación interinstitucional. Para la implementación del PEGH Los Choros se considera que es la DGA Regional quien asume un rol fundamental en la articulación y coordinación de las acciones del Plan que permitan mejorar las brechas de gobernanza identificadas.

ii) De capacidades institucionales: Se consideran aquellas limitaciones o facilidades que se originan en las políticas, funcionamiento, y en la disponibilidad de recursos humanos, orgánicos, financieros, logísticos, etc. de las instituciones que tienen la responsabilidad de aplicar los instrumentos incluidos en las normativas. Entre las instituciones públicas que están consideradas en la implementación del Plan se encuentran las siguientes: Indap para la mejora de la eficiencia de riego a nivel predial; Organización de APRs, DOH y SISS para la mejora de sistemas de tratamiento y reutilización de aguas residuales en localidades rurales que poseen brechas; DOH y DGA Regional para evaluación e implementación de recarga artificial de acuíferos en la cuenca; entre otros. De manera transversal se espera la contribución de otras entidades públicas existentes a nivel regional y local, como lo son el GORE, SUBDERE y Municipalidades de la cuenca (mayoritariamente de jurisdicción de La I. Municipalidad de la Higuera).

8.2.3 Aspectos de cultura del agua

La implementación de iniciativas se puede topar con condicionantes relativas a la falta de información y/o conocimiento técnico de los actores involucrados, tanto en el nivel de las entidades responsables como de los propios beneficiarios identificados. El proceder individual de las personas, en relación con el aprovechamiento del agua, está influido culturalmente por las costumbres y los hábitos que se tienen en su uso, así como por el grado de conocimiento técnico y acceso a información disponible. La mayor parte (si no todas) de las iniciativas del PEGH tienen intrínsecamente una componente de relativa al aspecto cultural del agua.

Las acciones contempladas en el Plan permitirán promover una cultura del agua que comprenda al ciclo hidrológico en su totalidad, incluyendo el ordenamiento territorial que favorezca la producción de agua por parte de los ecosistemas; un manejo productivo que permita conservar la calidad de las aguas en las distintas fuentes naturales; y un uso eficiente que permita una intervención responsable de este ciclo.

8.2.4 Aspectos de financiamiento

El financiamiento es, en general, un aspecto limitante en el desarrollo de iniciativas públicas. Las condicionantes financieras incluyen, por ejemplo, restricciones de financiamiento que podrían impedir la implementación de una o varias iniciativas en el año programado, aunque tenga evaluaciones económica, social y ambiental favorable. Las fuentes de financiamiento del Plan pueden ser sectoriales, regionales o internacionales. La fuente principal se considera sectorial, toda vez que buena parte de la inversión se ejecutará desde instituciones, como la Dirección de Obras Hidráulicas. Se entiende que la dinámica de inversión regional, definida principalmente por los FNDR, está orientada a impulsar aquellos sectores económicos o necesidades sociales cuyas urgencias no pueden ser atendidas en forma adecuada con el financiamiento sectorial.

A continuación, se identifican algunas condicionantes financieras para la implementación de algunas iniciativas: Las mejoras de eficiencia de riego a nivel predial pueden ser desarrollados a través de fondos públicos pertenecientes a algunas de las principales instituciones dedicadas a generar herramientas de apoyo como lo son CNR e INDAP. Para la implementación de mejoras en los sistemas de tratamiento y reutilización de aguas residuales en localidades rurales se podrá contar con asistencia financiera desde el sector público, a través de fondos regionales, por ejemplo, SUBDERE, GORE y Municipalidades.

Para la evaluación e implementación de recarga artificial de acuíferos se considera evaluar búsqueda de convenios entre privados o público-privados. Para la desalinización, se deberá evaluar un financiamiento público, mediante entidades concesionarias de servicios sanitarios propiedad del Estado de Chile (empresa CORFO), que también cumple las funciones de administrar y supervisar las obligaciones contractuales de las empresas operadoras, en conjunto con fondos de privados que puedan tener interés. Finalmente, las iniciativas para la restauración ambiental en bienes nacionales, como lo es el humedal La Boca, se requiere de la asignación de recursos públicos.

8.2.5 Aspectos normativos

La aplicación de normativas es un aspecto relevante y exclusivo de los organismos del Estado. La gestión de los recursos hídricos se rige, principalmente, por el Código de Aguas, el cual se encuentra en un proceso de revisión que estará sujeto en buena medida a los cambios que se puedan proponer en un eventual proceso constituyente.

Los aspectos normativos relevantes del PEGH guardan relación con las disposiciones existentes en las leyes y normativa vigente que pueden tanto facilitar y favorecer ciertas iniciativas como limitar y/o impedir otras. Actualmente, existen políticas y estrategias intersectoriales que promueven la coherencia entre políticas de agua ("Código de Aguas") y áreas clave como, por ejemplo, medio ambiente (Ley 19.300 Bases Generales del Medio Ambiente), salud (Decreto 735 Reglamento de los Servicios de Agua Destinados al Consumo Humano), agricultura (Ley 18.450 Normas Para el Fomento de la Inversión Privada en Obras de Riego y Drenaje), planificación territorial (Decreto 458 Ley General de Construcciones y Urbanización), entre otros.

8.2.6 Pasos en la implementación

La implementación del Plan de Acción dependerá de diversos factores, entre ellos:

- la identificación de responsabilidades institucionales;
- la buena acogida de la acción por parte de los beneficiarios;
- el financiamiento disponible;
- otras externalidades positivas o negativas propias de cada medida.

Por lo anterior, se debe definir una institución coordinadora transversal del conjunto de las medidas propuestas. Dado que el PEGH está promovido por la DGA, esta entidad es la responsable de su herramienta de planificación, y dentro de este servicio, se sugiere que sea la Dirección Regional de Aguas quien ostente esta figura de coordinación, por las razones siguientes:

- El PEGH tiene un enfoque de gestión de cuenca; en ausencia de una institucionalidad pública de esta escala, la figura más próxima corresponde a la Dirección Regional de Aguas de la región de Coquimbo.
- DGA Regional es conocedora de la realidad territorial de una forma más próxima que, por ejemplo, podría tener DGA Nivel Central.
- DGA Regional mantiene vínculos con los actores territoriales, tanto públicos de otros servicios (DOH, CNR u otros) como actores.

Considerando la gobernanza como herramienta para gestionar la interacción de los sistemas políticos, sociales y económicos involucrados en la gestión de los recursos hídricos y la provisión de servicios de agua a diferentes niveles de la sociedad, resulta clave la generación de procesos interactivos que impliquen diversas formas de asociatividad, colaboración y negociación entre estos sectores (y actores).

La obtención del financiamiento, en general, irá de la mano con los lineamientos estratégicos de cada institución (principalmente pública) involucrada; para ello, se sugiere que DGA regional establezca una reunión inicial de trabajo invitando a los servicios públicos involucrados en el PEGH, con la finalidad de informar sobre los montos estimados por iniciativa para cada institución.

En relación con externalidades que puedan afectar la correcta ejecución de las iniciativas según la hoja de ruta propuesta, es relevante considerar los aspectos institucionales, de cultura del agua, de financiamiento y normativo presentados anteriormente.

En paralelo a la implementación de las iniciativas del PEGH, el Plan de Monitoreo asociado permitirá un seguimiento y mejora de la pertinencia de las propuestas identificadas y su adaptación a lo largo del tiempo en caso oportuno; dicho Plan se describe en el acápite 9.1. Se sugiere que el monitoreo general del Plan podría realizarse desde DGA Nivel Central (por ejemplo, la División de Estudios y Planificación o quien designe el Director General), así como la evaluación de las iniciativas ejecutadas (acciones que aborda la propia DGA).

8.3 ESTRATEGIA DE COMUNICACIÓN

La estrategia comunicacional del PEGH tiene que contemplar el universo de actores del territorio relacionados con materia hídrica. Para establecer esta estrategia, se presentan las actividades llevadas a cabo durante la consultoría, seguido de las propuestas futuras en este aspecto.

8.3.1 Comunicación y difusión del PEGH en fases posteriores

A continuación, se presenta una propuesta de estrategia comunicacional a considerar para la adecuada implementación del Plan de Acción. La presente estrategia corresponde a una pauta de interacciones con actores relevantes, así como otros actores del territorio identificados. La estrategia propuesta está conformada por dos objetivos:

- Informar a los actores relevantes y otros actores del territorio acerca de los avances en la implementación del PEGH.
- Corroborar la aceptación de las iniciativas del PEGH por parte de los potenciales beneficiarios directos.

Respecto al primer objetivo, y dado que el público general es amplio, se sugiere que la DGA genere un correo electrónico institucional de contacto, el cual quede disponible para que el público general pueda hacer seguimiento, consultas o aportes, con el objetivo de transparentar el avance de las iniciativas del Plan. Así mismo, se recomienda la identificación de una persona referencial del servicio a nivel local (DGA Región Coquimbo) con conocimiento íntegro del PEGH que pueda resolver dudas o consultas de terceros sobre el avance de implantación de las medidas. Además de lo anterior, se recomienda el uso de medios de difusión a través de las actuales plataformas de la DGA (web, redes sociales).

En relación con el segundo objetivo, el público objetivo variará en función de la acción del PEGH. Para este caso, previamente a la asignación de financiamiento correspondiente

para la implementación de acciones, se sugiere establecer reuniones de trabajo al menos con los actores relevantes identificados como beneficiarios directos, con el objetivo de presentar los detalles técnicos (y sociales y económicos si corresponde) de la iniciativa. En el caso que la acción implique otras instituciones públicas, o bien diferentes unidades o departamentos de la DGA, será preciso la coordinación de las reuniones pertinentes para aunar lineamientos interinstitucionales.

8.4 IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE FINANCIAMIENTO DEL PLAN

Las instituciones públicas y privadas implicadas en el financiamiento de las iniciativas del PEGH se han descrito en el acápite 7.3. En la Tabla 8-2 se presenta un resumen de los costos del Plan de Acción, según sea el mandante DGA u otras instituciones.

Tabla 8-2: Distribución de costos según mandante DGA u otros

Institución	CAPEX (UF)	OPEX (UF)
DGA	105.294	214.202
Otras Instituciones	456.362	537.077
Total	561.656	751.278

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 8-2 se presenta el Flujo de inversiones entre Tipo de acción, Instituciones Involucradas y período Implementación

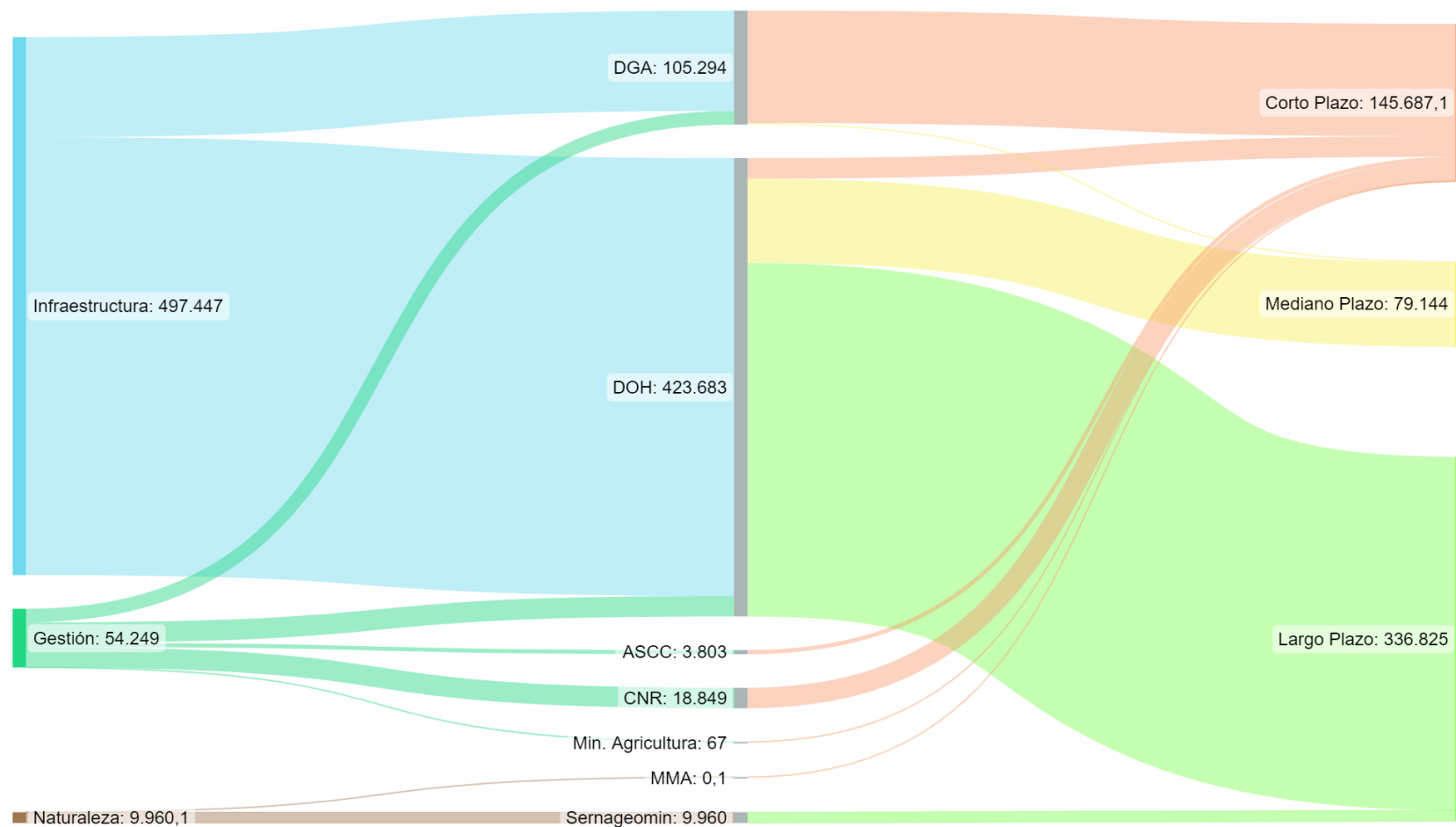


Figura 8-2. Flujo de inversiones (UF) entre Tipo de acción, Instituciones Involucradas y período Implementación
Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 9 MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL PLAN

En este capítulo se detalla el Plan de Monitoreo del PEGH Los Choros, así como los mecanismos para análisis y toma de decisiones asociados. Para efectos de estandarizar enfoques de implementación para este Plan, se han tomado como referencia otros PEGH de cuencas de la IV Región, como lo son los PEGH Elqui, Limarí y Choapa.

El Monitoreo y Evaluación del Plan Estratégico, es una actividad que permite valorar el cumplimiento de cada una de las metas definidas, utilizando indicadores que permitan seguir el grado de cumplimiento de los objetivos definidos en el Plan.

El Plan Estratégico forma parte de un proceso de mejoramiento continuo para lograr una gestión adaptativa de los recursos hídricos, adecuándose al avance real en la implementación de las iniciativas propuestas, al resultado obtenido en relación con el esperado, y a las condiciones cambiantes del entorno. En este sentido, la etapa de Monitoreo y Evaluación es clave para esta gestión adaptativa. A continuación, se presenta el Plan de Monitoreo (PM) asociado al PEGH Los Choros, así como los mecanismos para análisis y toma de decisiones asociados y de algunos aspectos normativos de interés.

9.1 PLAN MONITOREO

El Plan de Monitoreo (PM) asociado al PEGH Los Choros tiene por objetivo establecer el seguimiento y la eficacia de su implementación, determinando los indicadores que permitan trazar el grado de cumplimiento de las iniciativas y de los objetivos del PEGH.

La cartera de acciones del PEGH presentada en la Tabla 8-1 considera un total de 24 iniciativas propuestas, de las cuales 17 deben estar finalizadas en el corto plazo (5 años), 5 deben ser finalizadas en el mediano plazo (10 años) y 2 en el largo plazo (30 años). En la Figura 9-1 se muestra la distribución de las iniciativas contenidas en el PEGH, considerando el tipo de estrategia.

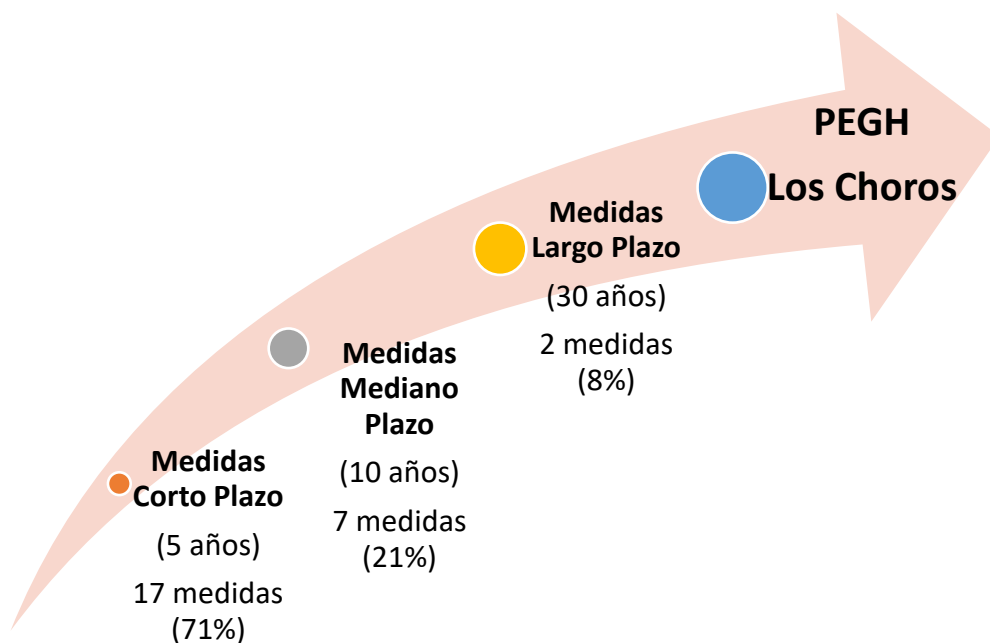


Figura 9-1. Distribución Iniciativas del Plan de Gestión

Fuente: Elaboración propia.

9.1.1 Seguimiento del PEGH

El Seguimiento del Plan es una actividad permanente, que permite evaluar el cumplimiento de cada una de las metas definidas. Para esto, el seguimiento debe contar con indicadores específicos, que sean comparables entre sí y reflejen en forma clara, directa e inequívoca los resultados de la implementación de las acciones propuestas. En la Figura 9-2 se presentan los tres tipos de indicadores de seguimiento que se proponen.



Figura 9-2. Indicadores de Seguimiento

Fuente: Elaboración propia.

9.1.1.1 Indicadores de Efectividad

Corresponde a las variables de estado de los recursos hídricos y usos del agua en la unidad de gestión, y que dan cuenta del cumplimiento de los Ejes Estratégicos para la disponibilidad del recurso hídrico.

Se propone un indicador para el seguimiento anual del estado de los recursos hídricos. De manera de medir el aporte de agua, según la estimación del aporte de cada iniciativa efectivamente implementada, expresado estrictamente en Hm^3 .

De esta forma, cada entidad responsable de implementar una acción que contribuya al balance del Plan debe informar los Hm^3 aportados por esta acción.

9.1.1.2 Indicadores de Gestión

Los indicadores de gestión dan cuenta del avance del Plan a nivel global y fue establecido en función de la programación del Plan de medidas de gestión propuestas, es decir de la relación existente entre iniciativas comenzadas y/o finalizadas versus la programación planificada (carta Gantt del Plan). Están orientados a describir el avance en la implementación de las iniciativas que no necesariamente afectan el balance de recursos hídricos, o cuyo resultado no es cuantificable en volumen de agua.

En este caso, se propone un reporte anual de cada una de las acciones implementadas y la programación de las actividades a realizar en el período siguiente. Los indicadores de gestión serán clasificados en 4 indicadores según lo siguiente:

- Porcentaje de iniciativas comenzadas (PIC).
- Porcentaje de iniciativas comenzadas acumulada (PICa).
- Porcentaje de iniciativas finalizadas (PIF).
- Porcentaje de iniciativas finalizadas acumulada (PIFa).

El seguimiento del PEGH Los Choros para los indicadores de gestión, se expone en la Tabla 9-1, detallando los parámetros de referencia en cada caso y el umbral establecido.

Tabla 9-1. Indicadores de Gestión del PEGH Los Choros

Indicador de seguimiento	Umbral
_____	• 80% de las iniciativas proyectadas a comenzar al año i hasta el año i+4.
_____	• 80% de las iniciativas proyectadas a comenzar al año i hasta el año i+3 (valor acumulado). • 100% de las iniciativas proyectadas a comenzar hasta el año i+4 (valor acumulado).
_____	• 80% de las iniciativas proyectadas a finalizar al año i hasta el año i+4.
_____	• 80% de las iniciativas proyectadas a finalizar al año i hasta el año i+3 (valor acumulado). • 100% de las iniciativas proyectadas a finalizar hasta el año i+4 (valor acumulado).

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta el Plan de Acción a considerar en el supuesto que no se hayan cumplido con los umbrales fijados en la Tabla 9-1, teniendo en cuenta que el PM se divide en dos periodos, los primeros 4 años y el año 5:

- Primer periodo (año i hasta i+4): El objetivo del Plan de Acción en este periodo consiste en reprogramar o replanificar las iniciativas que se encuentren atrasadas para el año siguiente al originalmente programado. Su valor corresponderá al número de iniciativas mínimas programadas para un determinado año (PIC, 80% anual) más las iniciativas retrasadas acumuladas.
- Segundo periodo (año i+5): El objetivo del Plan de Acción en este periodo es analizar si el PEGH ha cumplido en un 100% con su planificación. En caso negativo, el PM entregará el número de iniciativas que no fueron ejecutadas,

información que será una variable de entrada en la evaluación, actualización y rediseño del PEGH, a través de los mecanismos para el análisis y toma de decisiones (apartado 9.2).

9.1.1.3 Indicadores de Ejecución

Corresponden al seguimiento de las iniciativas de inversión, en financiamiento, ejecución, plazos y resultados, tanto para iniciativas públicas como privadas comprometidas en el Plan Estratégico. Se propone realizar un seguimiento anual, analizando los siguientes aspectos:

- Ejecución: cumplimiento de la inversión programada en el período.
- Eficacia: cumplimiento de los objetivos propuestos para el período.

Estos indicadores permiten llevar el control financiero del Plan, con el propósito de establecer las necesidades de financiamiento de corto, mediano y largo plazo.

9.1.2 Responsables Seguimiento del PEGH

El seguimiento del Plan de Gestión permite medir tanto la implementación de las iniciativas, como su impacto en el territorio y en el cierre de cada brecha. Constituye la tercera parte del Plan Estratégico, y es una actividad clave para el control y balance de las estrategias propuestas. El Plan de Seguimiento (PS) es responsabilidad los actores que conforman la Gobernanza de la cuenca.

Se propone, que la responsabilidad de la coordinación para la ejecución general del PEGH sea de la DGA regional, a través de la figura del coordinador PEGH establecido por el propio servicio, mientras que el monitoreo y control se realice desde DGA nivel central, por quien designe el director general (se sugiere, como opción, la División de Estudios y Planificación). Se resalta la importancia de mantener instancias periódicas de reunión entre estas dos figuras para alcanzar los resultados esperados de implementación del PEGH.

Es importante destacar que, dada la complejidad de algunos indicadores propuestos, se considera necesario contar con un equipo profesional que cuente con las capacidades técnicas para la ejecución de esta tarea y para la elaboración de reportes a lo menos anualmente, en función de los indicadores que se describen anteriormente. Complementariamente, para que el seguimiento sea efectivo, esta información debe ser pública, para ser sometida al escrutinio de la sociedad civil.

9.2 MECANISMOS DE EVALUACIÓN, ACTUALIZACIÓN Y REDISEÑO

Todos los temas asociados a los recursos hídricos se encuentran insertos en un escenario dinámico, los cuales van de la mano con la evolución del contexto climático, incidiendo sobre la oferta hídrica en la cuenca, y los cambios inherentes en la demanda de agua del territorio, así como las relaciones entre los distintos actores (fortalecimiento, conflictos).

Lo anterior hace necesario que el PEGH sea evaluado para determinar si el diseño original aún está vigente al cabo de su primer ciclo de 5 años, así como en ciclos consecutivos del mismo periodo.

En este contexto, la actualización determinará el nuevo escenario de la Región en materia de recursos hídricos y como ha variado producto de la implementación de nuevos proyectos. El mecanismo de evaluación y actualización considera 2 etapas, siendo éstas: metodología de evaluación y actualización del Plan y rediseño o reformulación del Plan, en caso de ser necesario.

9.2.1 Metodología de evaluación y actualización del Plan

En relación con la evaluación y actualización del PEGH, se recomienda considerar los siguientes aspectos:

- Evaluar el resultado del Plan de Seguimiento el año 2025. Es decir, cuantificar las iniciativas no comenzadas/finalizadas con el objetivo de su reprogramación.
- Actualizar el diagnóstico regional en materia de recursos hídricos: Recopilar, revisar y analizar los nuevos antecedentes generados durante los 5 años de implementación del Plan en las siguientes temas: brechas entre la oferta y la demanda, estado de la infraestructura hídrica, la situación de gobernanza en el territorio y el estado ambiental de los cuerpos de agua de la cuenca, calidad de agua, desempeño ante eventos extremos, diagnóstico de actividades valoradas por factores no económicos, diagnóstico de herramientas e insumos para la gestión hídrica, entre otros.
- Actualizar la cartera de acciones y proyectos generadas en la Región durante los últimos 5 años, ya sea de entidades públicas y privadas.
- Actualización del modelo hidrológico superficial-subterráneo con la nueva data disponible, resolviendo brechas de modelización que hubieron quedado no resueltas durante el diseño del PEGH original.
- Evaluación de las condiciones habilitantes de las iniciativas no ejecutadas.
- Evaluación del resultado del Plan de Monitoreo el año i+4, mediante la cuantificación de las iniciativas no comenzadas/finalizadas del PEGH.

En base a lo anterior, la DGA deberá definir si se requiere o no un rediseño del Plan. El rediseño será realizado sólo si se han cumplido alguna de las siguientes condiciones:

- a) Si el contexto regional en materia de recursos hídricos ha cambiado respecto al existente cuando se diseñó el Plan (año 2022), su variación se establecerá en base a los nuevos antecedentes recopilados.
- b) El plan de seguimiento no se ha cumplido, es decir la cartera de proyectos no se ha implementado de acuerdo con lo planificado.

En caso de que no se cumpla ninguna de las 2 condiciones anteriores, se procederá con la evaluación y actualización del Plan y no se requerirá de un rediseño.

9.2.2 Etapa de rediseño o reformulación del Plan Estratégico

Esta etapa deberá ser liderada por un panel de expertos que apoyen a la DGA, los antecedentes requeridos para su análisis y rediseño serán generados en la etapa de evaluación y actualización descrita anteriormente. Esta fase tiene los siguientes objetivos:

- Determinar si a partir de los proyectos implementados en la Región y del nuevo diagnóstico regional en materia de recursos hídricos, los objetivos regionales se mantienen o deben ser replanteados.
- Determinar los cambios asociados a las brechas de la región, es decir indicar si éstas han aumentado, disminuido o se han generado brechas diferentes a las existentes cuando se confeccionó el Plan.
- En base a los antecedentes anteriores, definir si la Programación del Plan debe ser reformulada o rediseñada según lo siguiente:
 - En el caso de que los objetivos y brechas del Plan no sean modificadas, se deberá reprogramar las iniciativas propuestas que no fueron implementadas según su planificación. El PS entregará el número de iniciativas pendientes o retrasadas.
 - En el caso de que los objetivos y brechas del Plan si sean modificadas se deberá reprogramar y/o rediseñar las iniciativas propuestas que no fueron implementadas según su planificación y de este modo se deberá analizar si las iniciativas propuestas por el Plan que faltan por implementar dan respuesta a las nuevas brechas definidas y/o se requiera incorporar nuevos proyectos al análisis regional.
- Actualizar el Plan de Seguimiento, lo anterior en función de las iniciativas implementadas y a los cambios generados en el escenario hídrico de la Región de Coquimbo.

CAPÍTULO 10 ANEXOS

ANEXO A – ABREVIACIONES

ANEXO B – REFERENCIAS

ANEXO C – GLOSARIO

ANEXO D – FIGURAS

ANEXO E – ANTECEDENTES RECOPIADOS

ANEXO F – ASPECTOS METODOLÓGICOS DEL PLAN DE CUENCAS

ANEXO G – SIG

ANEXO H – MODELOS

ANEXO I – DETALLE ACTIVIDADES TALLERES DE PROCESOS PARTICIPATIVOS

ANEXO J – OTROS ANTECEDENTES