N.º de proceso de selección: CH-R1020-P002

ANÁLISIS PARA APLICACIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CONTEXTO DE SEQUÍA EN SERVICIOS SANITARIOS RURALES EN LA ISLA GRANDE DE CHILOÉ

INFORME FINAL

JUNIO 2026

Ministerio de Obras Públicas
Dirección General de Obras Públicas

BID Banco Interamericano de Desarrollo

Universidad del Desarrollo

ARCADIS

CCA Center for Climate Adaptation Pratt

Ministerio de Obras Públicas, 2026.
Dirección General de Obras Públicas

Daniel Bifani Ihl - Jefatura División Infraestructura Sostenible (DIS)
Evelyne Medel Vera - Jefatura Depto. Sostenibilidad y Cambio Climático – DIS
María Victoria Aedo Aedo - Profesional Depto. Sostenibilidad y Cambio Climático – DIS
María Paola Orellana Peña - Profesional Depto. Sostenibilidad y Cambio Climático – DIS
Maximiliano Bolados Arratia - Profesional Depto. Sostenibilidad y Cambio Climático – DIS

Dirección de Obras Hidráulicas Región de Los Lagos
Sandra Moreno Ortiz - Jefa de Proyectos Sanitarios de la SSSR Los Lagos, DOH

División de Agua y Saneamiento
Banco Interamericano de Desarrollo (BID)

Universidad del Desarrollo a través de sus centros:

Centro de Innovación en Ciudades CIC, Facultad de Arquitectura y Arte
Francisca Astaburuaga Orchard - Arquitecta Magister en Urbanismo, Directora CIC
Santiago Beckdorf Solá - Arquitecto Magister en Urbanismo, Jefe Proyecto
Macarena Labranque Astorga - Arquitecta Mag. en Arquitectura, Coordinadora CIC

Centro de Investigación en Tecnologías para la Sociedad C+, Facultad de Ingeniería
Camilo Rodríguez Beltrán - Ingeniero Bioquímico - Director C+
Petra Wallem Stein - Licenciada en Biología, PhD en Ecología
Javier Rojas Errázuriz - Ingeniero Civil Industrial Ambiental
Claudia Valderrama Ulloa - Constructor Civil, Dr. en Ingeniería Mecánica
Patricia Breuer Moreno – Lic en Educación, Magister y Especialista en Gestión Social
Camila Sandoval Ibarra - Bióloga Ambiental, Investigadora en Gestión Hídrica

Centro de Investigación en Sustentabilidad y Gestión Estratégica CISGER, Facultad de Ingeniería
Diego Rivera Salazar - Ingeniero Civil Dr. en Hidrología
María Paz Rojas - Ingeniera Civil, Magister en Gestión del Agua

Con la colaboración de Arcadis, Center for Climate Adaptation (CCA) de Pratt Institute y el Centro de Derecho Regulatorio y Empresas (CDRE) de la Facultad de Derecho UDD.
Magdalena Márquez - Socióloga experta en Estudios Sociales, Arcadis Chile
Edward Cornwell – Ingeniero Civil PhD Hidrólogo, Arcadis
Camila Boettiger – Abogada PhD experta en Aguas, CDRE
David Erdman – Arquitecto MsC, experto en infraestructuras sostenibles, CCA

INDICE

1 INTRODUCCIÓN 6
2 OBJETIVO GENERAL 8
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 9
3 CARACTERIZACIÓN ISLA GRANDE DE CHILOÉ 9
3.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE LA ISLA GRANDE DE CHILOÉ Y SUS PROYECCIONES HIDROMETEOROLÓGICAS BAJO DISTINTOS ESCENARIOS SSP. 11
3.1.1 ANÁLISIS HISTÓRICO. 13
3.1.2 ANÁLISIS DE LOS FORZANTES CLIMÁTICOS Y ESCENARIOS FUTUROS. 18
3.1.3 BALANCE HIDROLÓGICO SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEO. 35
3.1.4 INDICADORES DE CAMBIO CLIMÁTICO. 42
3.1.5 ANÁLISIS PROSPECTIVO DEL TERRITORIO EN LA ISLA GRANDE DE CHILOÉ. 59
3.1.6 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO. 60
3.1.7 INVERSIÓN PÚBLICA. 66
3.1.8 ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL. 79
3.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS SSR DE LA ISLA GRANDE DE CHILOE 84
3.2.1 MARCO REGULATORIO APLICABLE A LOS SSR Y CONTEXTO HISTÓRICO. 84
3.2.2 GOBERNANZA HÍDRICA EN LA ISLA GRANDE DE CHILOÉ. 88
3.2.3 GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO. 92
3.2.4 RELACIÓN ESPACIAL ENTRE LOS SSR, LOS PUNTOS DE CAPTACIÓN DE AGUA Y LA DISTRIBUCIÓN DEMOGRÁFICA. 96
3.2.5 MODELO SOCIO-HIDROLÓGICO PARA LA ISLA GRANDE DE CHILOÉ. 102
4 DEFINICIÓN ÁREA DE ESTUDIO: 109
5 PROPUESTA DE MEDIDAS PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA SEGURIDAD HÍDRICA DE LOS SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO: 113
5.1 ACTORES CLAVE INVOLUCRADOS EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS SSR. 113
5.1.1 SISTEMATIZACIÓN DE ACTORES CLAVE 115
5.1.2 MAPA DE ACTORES SEGÚN INTERÉS E INFLUENCIA 136
5.2 DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO DE LAS BRECHAS ASOCIADAS A LA RESILIENCIA DE SSR EN EL ÁREA DE ESTUDIO. 147
5.2.1 RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO EN TERRENO 150
5.3 INDICADORES DE RIESGO HÍDRICO PARA LA ISLA GRANDE DE CHILOÉ. 167

5.3.1 DESARROLLO DEL INDICADOR DE RIESGO HÍDRICO Y DE LOS FACTORES DE EXPOSICIÓN Y VULNERABILIDAD DE LOS SSR. 168
5.3.2 INDICADORES PARA LA CUANTIFICACIÓN DEL RIESGO FRENTE A INTERRUPCIÓN DEL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE EN SSR 171
5.4 BRECHAS ASOCIADAS A COMPONENTES ESTRUCTURALES 257
5.5 BRECHAS ASOCIADAS A COMPONENTES NO ESTRUCTURALES. 260
5.6 CATÁLOGO DE MEDIDAS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES 262
5.6.1 MEDIDAS ESTRUCTURALES 263
5.6.2 MEDIDAS NO ESTRUCTURALES 278
6 FORTALECIMIENTO DE LA GESTIÓN COMUNITARIA DE LOS SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO 292
6.1 PILOTO DE CAPACITACIÓN: VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA DE MEDIDAS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES PARA FORTALECER LAS CAPACIDADES ADAPTATIVAS DE LOS SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO. 292
6.2 RESULTADOS DEL EJERCICIO DE PRIORIZACIÓN DE MEDIDAS 294
6.3 DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO DE LAS NECESIDADES DE CAPACITACIÓN Y ASESORÍA DE LOS SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO. 300
6.3.1 CAPACITACIONES ORIENTADAS A LAS DIRECTIVAS DE LOS SSR. 300
6.2.2. CAPACITACIONES ORIENTADAS A SOCIOS Y USUARIOS DE LOS SSR. 304
6.4 HOJA DE RUTA DE LAS PROPUESTAS PRIORIZADAS 306
7 PROPUESTA DE MEDIDA DE PROTECCIÓN DE FUENTES DE AGUA Y SUS CUENCAS HIDROGRÁFICAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO, CON PERSPECTIVA DE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA (SbN). 312
7.1 ANÁLISIS DE CASOS DE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA -NACIONAL E INTERNACIONAL-, APLICABLES A SSR EN CONTEXTO INSULAR. 312
7.1.1 IDENTIFICACIÓN FUENTES DE INFORMACIÓN 312
7.1.2 ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA 313
7.1.3 SELECCIÓN 313
7.1.4 ELEGIBILIDAD 314
7.1.5 SÍNTESIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS 314
7.1.6 PRESENTACIÓN GENERAL DE LOS CASOS IDENTIFICADOS 314
7.1.7 PRIORIZACIÓN DE CASOS ATINGENTES AL CONTEXTO DE CHILOÉ 317
7.1.8 SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA APLICABLES AL SSR DE CHILOÉ 321

7.2 IDENTIFICACIÓN DE ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS QUE CUMPLEN FUNCIONES CLAVE DE REGULACIÓN HÍDRICA EN SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO. 324
7.2.1 BÓSQUE NATIVO 325
7.2.2 HUMEDALES 325
7.2.3 PRADERAS Y MATORRALES 326
7.2.4 CONCLUSIONES 343
7.3 PROPUESTA DE PERFIL DE PROYECTO QUE CONSIDERE LA APLICACIÓN DE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA PARA UN SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO 345
7.3.1 PROPUESTA DE PERFIL: ANTECEDENTES GENERALES 345
7.3.2 PROPUESTA DE PERFIL DE ESTUDIOS BÁSICOS PARA UN PLAN DE MANEJO DE LA CUENCA DEL ESTERO HUEIHUÉ, SSR MANAO. 354
7.3.3 PROPUESTA DE PERFIL DE PROYECTO PARA EL SISTEMA DE RESPALDO ENERGÉTICO (SSR) MANAO. 360
7.3.4 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO 384
7.3.5 RECOMENDACIONES ESTRATÉGICAS 387
7.3.6 REPLICABILIDAD Y PRÓXIMOS PASOS 389
7.4 GLOSARIO 390
8. LISTA DE TABLAS 405
9. LISTA DE FIGURAS 408
10. REFERENCIAS 416

1 INTRODUCCIÓN

El cambio climático (CC) se ha consolidado como uno de los principales desafíos para el desarrollo sostenible de Chile, debido a sus impactos crecientes sobre los sistemas naturales, las economías locales y, de manera muy concreta, la infraestructura crítica que sostiene la calidad de vida de la población. En este marco, el Ministerio de Obras Públicas (MOP) ha venido fortaleciendo su agenda institucional de sostenibilidad y resiliencia, incorporando el riesgo climático como eje transversal para la planificación, el diseño, la inversión y la operación de obras públicas. Esta orientación se expresa, entre otros instrumentos, en el *Plan de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático del Sector Infraestructura 2024–2029*, que busca propiciar el desarrollo de infraestructura pública más resiliente y con mayores capacidades de adaptación, apoyándose en estudios aplicados que permitan traducir los lineamientos estratégicos en directrices y acciones implementables en territorios con alta exposición y vulnerabilidad climática.

En coherencia con lo anterior, el presente Informe corresponde al estudio ***"Análisis para la aplicación de medidas de adaptación al Cambio Climático en el contexto de la sequía en los Servicios Sanitarios Rurales (SSR) de la Isla Grande de Chiloé"***, desarrollado como insumo para la implementación de los compromisos ministeriales asociados al Plan Sectorial 2024–2029.

El estudio fue licitado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el MOP, y adjudicado a la Universidad del Desarrollo, en el marco de una propuesta interdisciplinaria orientada a la investigación aplicada y al desarrollo de soluciones integradas para fortalecer la seguridad hídrica rural. En términos de política pública, el foco en SSR resulta especialmente pertinente, dado que la provisión de agua potable y saneamiento en sectores rurales depende de sistemas comunitarios que enfrentan brechas históricas en infraestructura, operación, gestión y asistencia técnica, que se intensifican en escenarios de reducción de las precipitaciones, aumento de las temperaturas y mayor recurrencia de eventos extremos.

A nivel nacional, la "megasequía" y el avance del déficit hídrico han dejado de ser fenómenos acotados a la zona centro-norte y se han extendido hacia territorios del sur del país. En particular, la Región de Los Lagos —históricamente asociada a altos niveles de precipitación— ha comenzado a experimentar señales cada vez más claras de estrés hídrico, lo que se manifiesta con especial fuerza en zonas insulares y costeras con altos niveles de concentración de población permanente y/o visitantes, como es el caso del archipiélago de Chiloé.

Esta condición ha derivado en decisiones de emergencia y en el uso de herramientas normativas para asegurar el consumo humano de agua, incluyendo la declaración de escasez hídrica en la Provincia de Chiloé y medidas excepcionales de gestión del recurso. En la misma línea, el MOP dictó el Decreto N°25 de Escasez Hídrica para la provincia de Chiloé, prorrogado posteriormente mediante el Decreto MOP N°47, habilitando medidas de protección del recurso y fortaleciendo acciones orientadas a asegurar la provisión de agua potable en zonas rurales.

En el contexto regional, la Isla Grande de Chiloé presenta condiciones socio-territoriales y ambientales que potencian los efectos del cambio climático sobre los SSR. Desde 2010, se observa una disminución de las precipitaciones —más marcada en el sector noroeste del archipiélago—, junto con una extensión de la temporada seca durante el verano y los comienzos del otoño. Estas tendencias no se manifiestan de manera homogénea en el territorio insular: mientras en sectores del sur se mantiene un patrón estacional más cercano al histórico, en el norte se evidencian veranos más extensos y periodos más prolongados de escasez de lluvias, con impactos directos en sistemas de captación de pequeña escala y en localidades rurales con infraestructura limitada de abastecimiento de agua potable. Esta situación tensiona la capacidad de los SSR para asegurar la cantidad, la calidad y la continuidad del suministro, especialmente en los períodos estivales, cuando la disponibilidad de agua disminuye y la demanda tiende a incrementarse.

A lo anterior se suman transformaciones territoriales recientes que reconfiguran la presión sobre el agua y la gestión comunitaria de los SSR. En los últimos años, la Isla Grande de Chiloé ha experimentado la expansión de la infraestructura de conectividad, el crecimiento de parcelaciones y loteos en suelo rural y un aumento significativo del turismo en verano, con un mayor consumo de agua precisamente en los meses más secos del año. A estas dinámicas se agregan procesos económicos y demográficos asociados a la industria acuícola y mitilicultora, así como cambios post-pandemia que han incidido en un aumento de población fuera de las áreas urbanas, factores que complejizan la planificación y refuerzan la necesidad de una mirada prospectiva e integrada sobre seguridad hídrica rural.

En este escenario, el desafío ya no se limita a responder de manera reactiva ante episodios de escasez, sino a fortalecer capacidades adaptativas que permitan anticipar, reducir vulnerabilidades y sostener el funcionamiento de los SSR frente a amenazas climáticas presentes y futuras. Esto implica, de acuerdo con los énfasis del estudio, abordar simultáneamente mejoras en infraestructura y operación; fortalecer la gestión comunitaria

mediante capacitación y asistencia técnica; avanzar en la coordinación interinstitucional y el registro de operadores; y desarrollar enfoques complementarios de protección de fuentes y cuencas, incorporando Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) cuando corresponda.

Para ello, el estudio se estructuró a partir de una mirada integradora y sistémica, sustentada en un equipo multidisciplinario que reúne experiencia en ingeniería, hidrología, biología, ecología, ciencias sociales, gestión comunitaria, construcción, derecho, arquitectura y urbanismo. La metodología adoptada promovió la integración efectiva de estas disciplinas en cada eje de análisis, superando enfoques sectoriales y permitiendo una comprensión profunda del territorio y de las comunidades desde su complejidad multifactorial. Este enfoque constituye el principal valor agregado de la consultoría, reflejado directamente en el análisis de cada uno de los temas, la metodología de trabajo en terreno con las directivas de los SSR y los productos desarrollados, en particular en el manual de buenas prácticas comunitarias y en la propuesta de un proyecto piloto para el mejoramiento de uno de los SSR estudiados.

El Informe Final sistematiza este trabajo y presenta sus hallazgos a partir de una aproximación interdisciplinaria que integra: caracterización hidroclimática y proyecciones; caracterización de los SSR, análisis del territorio y de sus transformaciones; levantamiento y diagnóstico participativo con actores locales; y una propuesta de medidas de adaptación —estructurales y no estructurales— junto con lineamientos SbN aplicables al contexto insular. De este modo, el estudio busca contribuir al desarrollo de directrices y acciones replicables en otros territorios costeros y/o insulares del país que enfrentan desafíos análogos de seguridad hídrica y adaptación al cambio climático.

2 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una propuesta de medidas adaptativas en los SSR de la Provincia de Chiloé, con foco en la Isla Grande de Chiloé, para hacer frente a la baja en las precipitaciones promedio que padecen las comunas de esta provincia de la Región de Los Lagos y reducir su vulnerabilidad al Cambio Climático, buscando que la misma sea replicable a otras situaciones de población insular y/o costera de Chile.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos indicados son los siguientes:

- Caracterizar la vulnerabilidad a la escasez hídrica de los SSR de la Provincia de Chiloé, con foco en la Isla Grande, y determinar el área de estudio para efectos del análisis y de la propuesta de medidas, considerando en la caracterización las vulnerabilidades diferenciadas por género, rangos etarios y otras características de la población.
- Proponer medidas estructurales (de infraestructura) y no estructurales que fortalezcan la seguridad hídrica de los SSR de la Provincia de Chiloé, con foco en la Isla Grande, en un marco de resiliencia y sustentabilidad.
- Fortalecer la gestión comunitaria de los SSR ubicados en el área de estudio, en términos de la generación de capacidades y de propuestas de mejora en infraestructura, gobernanza y gestión comunitaria.
- Proponer medidas de protección de las fuentes de agua y sus cuencas hidrográficas en el área de estudio, con una perspectiva de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN).

3 CARACTERIZACIÓN ISLA GRANDE DE CHILOÉ

Los impactos del cambio climático en territorios insulares del sur de Chile, como la Isla Grande de Chiloé, se manifiestan tanto en los forzantes climáticos —precipitación y temperatura— como en su propagación a través del sistema socio-eco-hidrológico. La disminución de la precipitación, el aumento de las temperaturas e intensificación de los eventos extremos proyectados representan amenazas directas a la disponibilidad del recurso hídrico, especialmente en zonas rurales abastecidas por los SSR, donde la infraestructura y la capacidad institucional son limitadas (DGA, 2022).

El riesgo climático está entonces compuesto por una **amenaza climática** extendida y crítica sobre el territorio, una **exposición** creciente a las amenazas en determinados territorios y por las condiciones de **vulnerabilidad y de capacidad adaptativa** que requieren mejoras para mitigar y adaptarse a un futuro cercano. En este capítulo profundizaremos en las amenazas climáticas que afectan a la Isla Grande de Chiloé.

Para caracterizar la amenaza climática, se presentó una **evaluación de escenarios climáticos futuros** de seis modelos climáticos globales (BCC-CSM2-MR, CMCC-CM2-SR5, GFDL-ESM4, INM-CM4-8, INM-CM5 y MRI-ESM2), todos ellos parte del conjunto CMIP6 de la plataforma

Copernicus[1]. La evaluación se realiza sobre píxeles representativos definidos para cada Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común (SHAC), utilizando como referencia la climatología observada del producto CR2MET (e.g. DGA, 2022)[2].
Se aplican indicadores de bondad de ajuste —correlación de Pearson (r), RMSE y eficiencia de Nash-Sutcliffe (NSE)— así como comparaciones empíricas de funciones de distribución acumulada (ecdf), para identificar y corregir sesgos sistemáticos en las simulaciones (Gateño et al., 2024). Este proceso permite asegurar una adecuada representación local de la dinámica climática y descripción de amenazas en el corto y mediano plazo.

En este contexto, el Atlas de Riesgo Climático de Chile (ARClim) es considerado un referente metodológico complementario, especialmente útil para comparar tendencias, utilizar escalas espaciales mayores y contrastar escenarios climáticos proyectados. ARClim aplica una corrección estadística basada en correspondencia de cuantiles a las salidas CMIP6 para construir indicadores de amenaza y riesgo, y provee una base nacional para el análisis de la exposición climática (MMA, 2023). Se contrastaron los resultados de ARClim con las simulaciones ajustadas a nivel de píxel por SHAC para evaluar la representatividad en el contexto insular y rural de Chiloé (Gateño et al., 2024).

A nivel social y organizacional, que se profundizarán en el capítulo de vulnerabilidad y capacidad adaptativa del riesgo climático, se integra el enfoque del **Indicador Compuesto de Seguridad Hídrica (icsH)** desarrollado por Nicolás-Artero y Blanco (2024). Este enfoque permite diagnosticar capacidades comunitarias para garantizar el acceso al agua potable en cantidad, calidad y continuidad adecuadas, y no define la seguridad hídrica exclusivamente por la disponibilidad física del recurso, sino por la interacción entre variables técnicas, sociales, institucionales y culturales que determinan la resiliencia de los SSR ante escenarios de cambio climático.

Finalmente, el Plan Estratégico de Gestión Hídrica de Chiloé (DGA, 2022) refuerza la necesidad de adoptar una planificación multiescalar, con enfoques adaptativos y territoriales que integren evidencia climática robusta, gestión comunitaria e instrumentos de política pública. Así, la articulación entre los modelos climáticos ajustados a escala local (Gateño et al., 2024), los aportes de ARClim como línea base comparativa (MMA, 2023), y los marcos

[1] World Climate Research Programme (2020) *CMIP Phase 6 (CMIP6): Overview CMIP6 Experimental Design and Organization*. Available at: https://www.wcrp-climate.org/wgcm-cmip/wgcm-cmip6
[2] DGA (2022) HOMOLOGACIÓN DEL CÁLCULO HIDROLÓGICO PARA LA ESTIMACIÓN DE LA OFERTA NATURAL DE AGUA HISTÓRICA Y FUTURA EN CHILE. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, S.I.T. 524

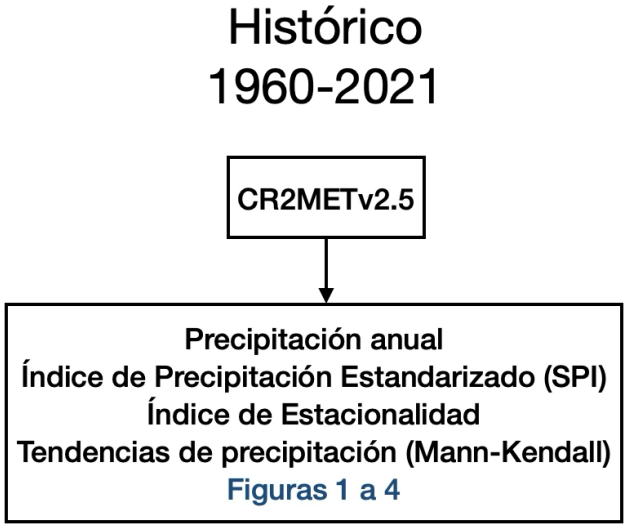
hidrosociales como el icsH (Nicolás-Artero y Blanco, 2024), permite construir un diagnóstico integral del riesgo hídrico en contextos rurales e insulares, habilitando medidas de adaptación más pertinentes, eficientes y socialmente justas.

A continuación, se presentarán la metodología utilizada y los resultados obtenidos, tanto para el análisis histórico del clima en la Isla Grande de Chiloé como para el análisis de forzantes climáticos e indicadores de cambio que dan cuenta de escenarios futuros para la isla.

3.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE LA ISLA GRANDE DE CHILOÉ Y SUS PROYECCIONES HIDROMETEOROLÓGICAS BAJO DISTINTOS ESCENARIOS SSP.

A modo de introducción se muestran los pasos metodológicos generales utilizados en esta sección (Figura 1), así como un diagrama de flujo metodológico para las salidas del Explorador de Amenazas de ARClim (Figura 2), adaptado de la documentación provista en dicho explorador[3].

Figura 1. Esquema sintético de los pasos metodológicos generales y figuras en las que se presentan dichos resultados. Fuente: elaboración propia



[3] Explorador de Amenazas Climáticas ARCLIM (https://arclim.mma.gob.cl/amenazas/)

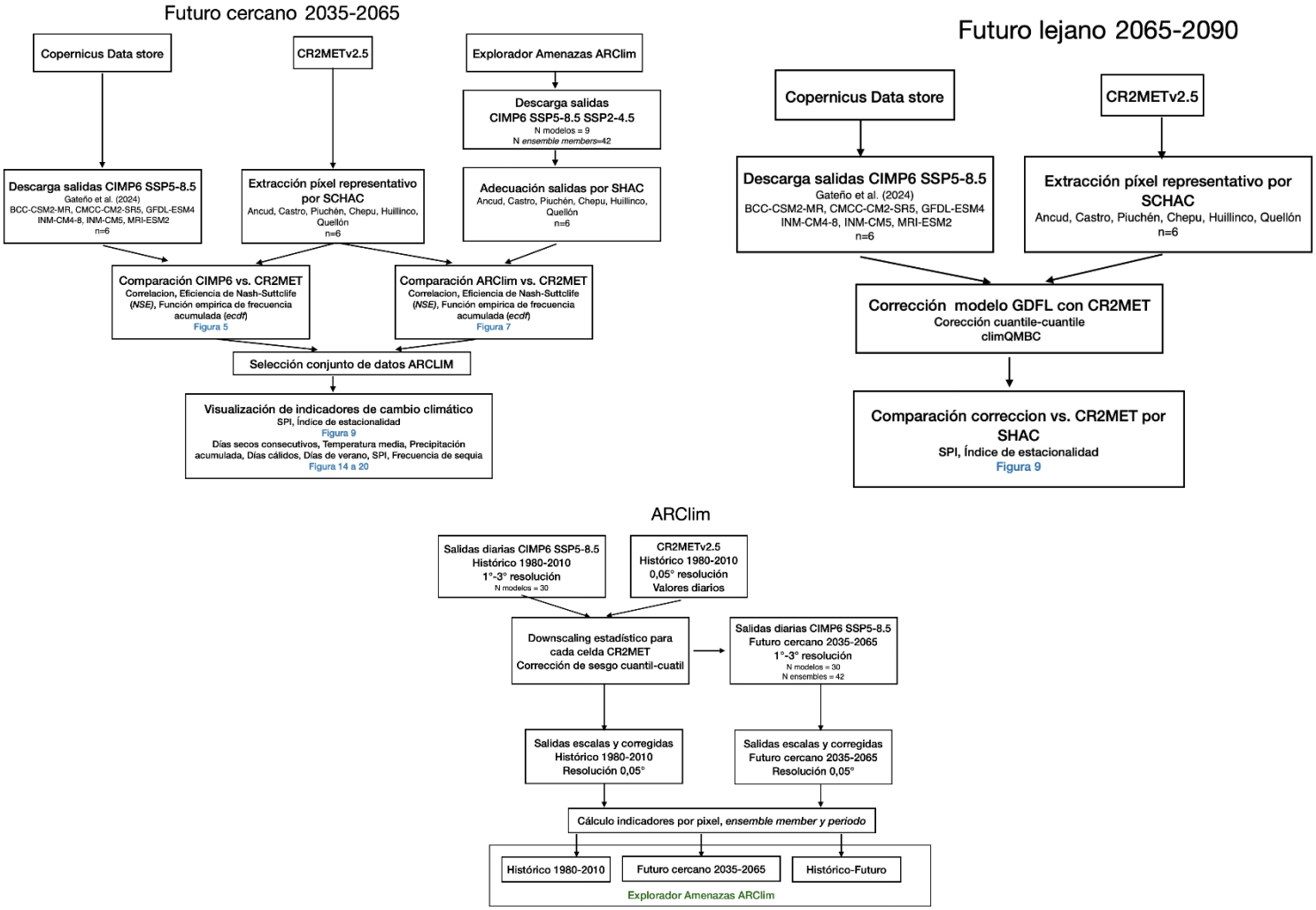


Figura 2. Flujo metodológico para la definición de condiciones históricas, la comparación de salidas CIMP6 e indicadores de cambio de la amenaza climática, y las figuras donde se presentan dichos resultados. Fuente: elaboración propi

3.1.1 ANÁLISIS HISTÓRICO.

Para la caracterización histórica en la Isla Grande de Chiloé, se analizaron datos históricos grillados, CR2MET, de precipitación diaria en el periodo 1960-2022 (Boisier, 2023). CR2MET combina datos de reanálisis, topografía e imágenes termales para una resolución de 0.05° × 0.05°. Las salidas han sido controladas con base en datos de las estaciones hidrometeorológicas. CR2MET ha sido ampliamente utilizado en estudios de cambio y variabilidad del clima (e.g., Latoja et al., 2024; Boisier et al., 2018).

Se aplicó el Índice de Estacionalidad (IE) propuesto por Walsh y Lawler (1981), que mide la distribución mensual de la precipitación como la suma de las desviaciones absolutas de la precipitación en cada mes n y año i, rn,i, normalizadas por la precipitación total del año *i*, R_i. Los valores se interpretan según la Tabla 1.

Tabla 1. Regímenes de estacionalidad: interpretación de los valores del Índice de Estacionalidad (Walsh & Lawler, 1981).

IE	Régimen de precipitaciones
≤ 0,19	Precipitación en todo el año
0,20-0,39	Precipitación en todo el año, con una temporada más húmeda
0,40 - 0,59	Estacional con una temporada seca corta
0,6 - 0,79	Estacional
0,8 - 0,99	Marcadamente estacional con estación seca larga
1,00 - 1,19	Mayoría de la precipitación en 3 ó menos meses
≥ 1,2	Estacionalidad extrema, casi toda la precipitación en 1-2 meses

Por otra parte, el estudio de la Dirección General de Aguas (DGA, 2022) analiza el modelamiento de las aguas superficiales y subterráneas de Chiloé. El anexo H del estudio DGA (2022) muestra una comparación de simulaciones para diferentes escenarios de gestión de recursos hídricos a escala de cuenca y Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común (SHAC). Estos datos permiten una aproximación a la situación climática reciente (1980-2020) y proyectada con cambio climático (2035-2065), y a las amenazas climáticas en el territorio insular de la Provincia de Chiloé y, por extensión, a las comunidades cuyo suministro hídrico depende de los SSR.

Es importante resaltar que el estudio realizado por la DGA (DGA 2022, anexo H) indica que la base de datos CR2MET —precipitación y temperatura— presenta un buen desempeño en

comparación con las estaciones meteorológicas en la Isla Grande. Por lo anterior, (DGA, 2022) recomienda el uso de CR2MET para la caracterización de condiciones históricas.

Respecto de la condición histórica, la Figura 3 muestra la precipitación anual promedio por década desde el año 1960, junto con la ubicación de los Servicios Sanitarios Rurales (SSR) registrados en el periodo, según la base de datos provista por la contraparte, como indicación de la evolución de los SSR. A escala anual, se observa una disminución de la precipitación desde el año 2010 de 20-30 mm/año, atribuible a la megasequía (Garreaud et al., 2020). La disminución es especialmente notoria en la zona noroeste de la Isla.

Los cambios anuales en la precipitación se deben a las variaciones en la frecuencia y la magnitud de las precipitaciones estacionales. La Figura 5 muestra cambios en la precipitación de primavera (octubre, noviembre y diciembre) y de verano (enero, febrero y marzo), así como menores precipitaciones invernales durante la última década en toda la Isla. En efecto, la tendencia decreciente en la precipitación estacional es estadísticamente significativa para verano e invierno (Figura 4).

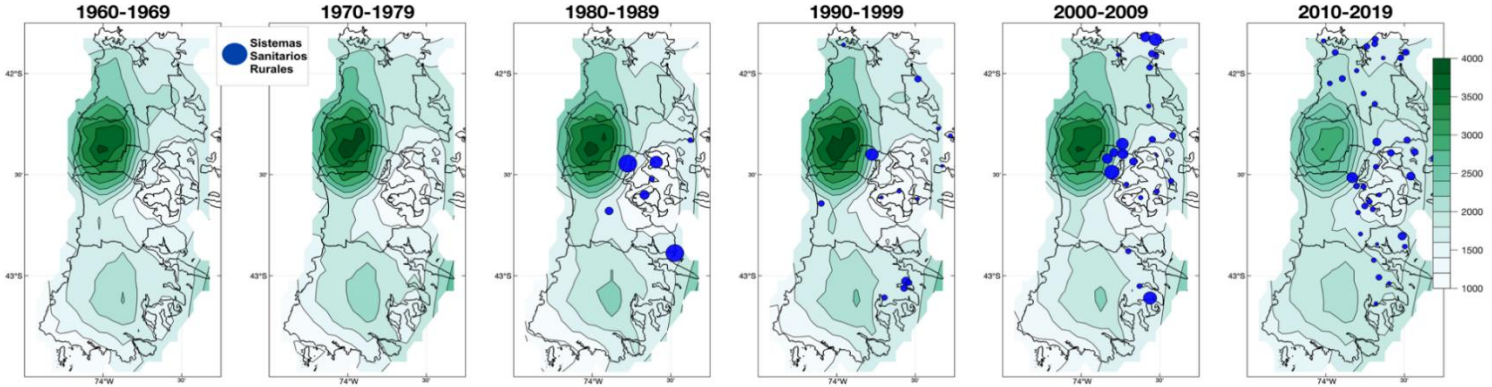


Figura 3. Precipitación anual promedio según década. Los puntos azules indican los SSR apareciendo en los intervalos temporales en que se crean según lo indicada en la base de datos provista por la contraparte, los tamaños relativos hacen referencia al número de arranques por SSR. Fuente elaboración propia en base a Datos de CR2MET.

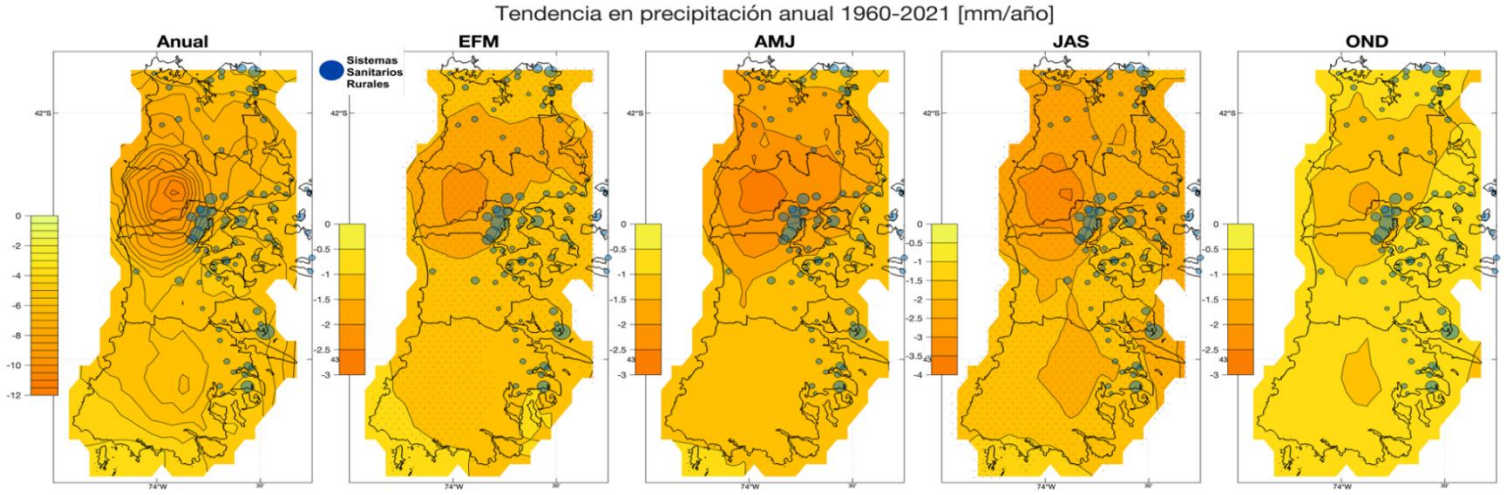


Figura 4. Tendencia de precipitación anual y estacional para el periodo 1960-2021. La tendencia corresponde a la pendiente de Sen. Las zonas achuradas muestran una tendencia significativa según la prueba de Mann-Kendall para p < 0,05. Fuente elaboración propia en base a Datos de CR2MET

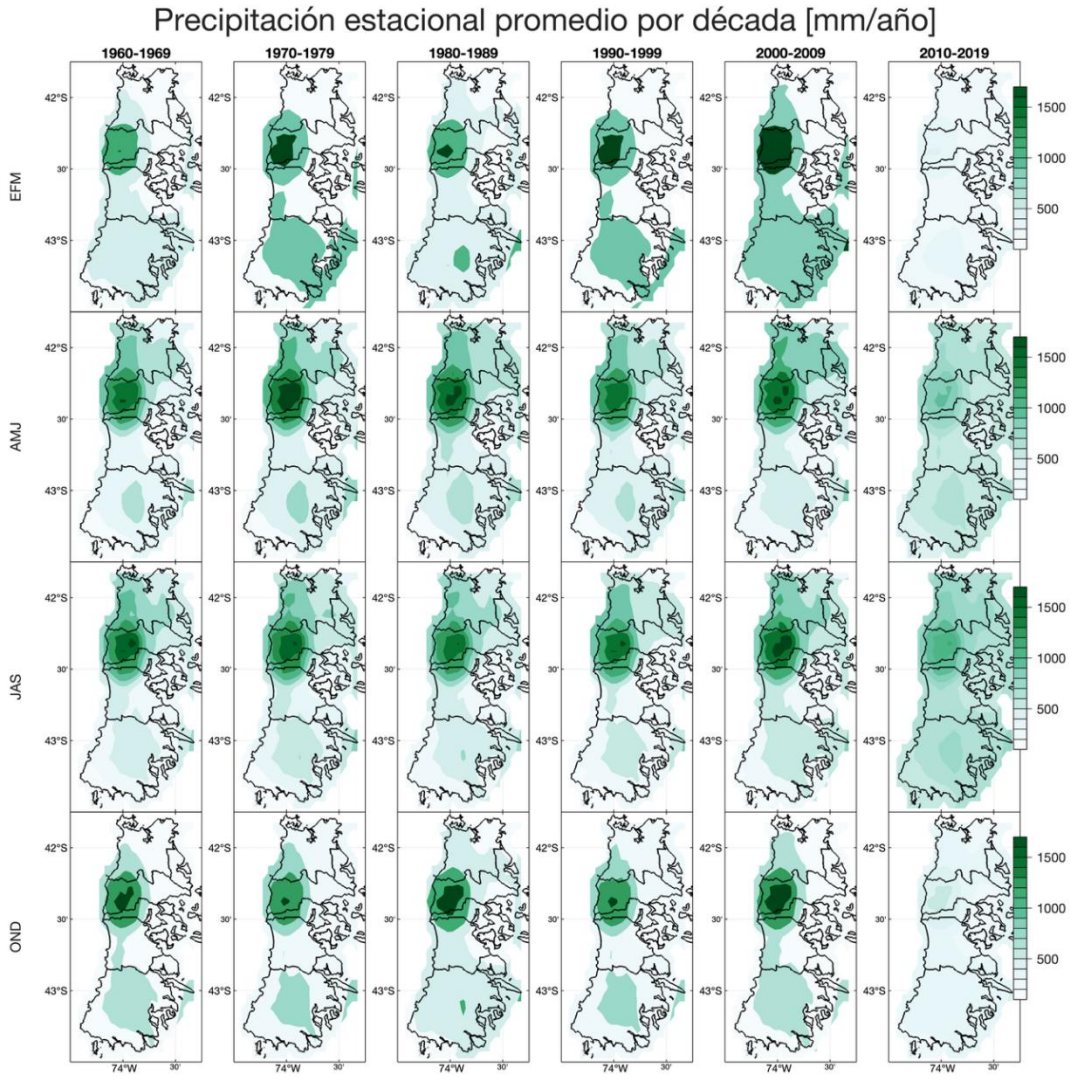


Figura 5. Precipitación estacional promedio según década. Fuente elaboración propia en base a Datos de CR2MET.

A partir del Índice de Estacionalidad, en el periodo 1960-2010 se observa una diferenciación espacial en la Isla: la zona sur (42,5° a 43,5° S) muestra una distribución de precipitación que indica la presencia de una temporada más húmeda que el resto del año. Al norte de 42,5° S, el Índice de Estacionalidad indica una temporada más seca que el resto del año. A partir del año 2010, se observa que una porción importante de la Isla se desplaza hacia un régimen de precipitación con una temporada estival más seca (Figura 6).

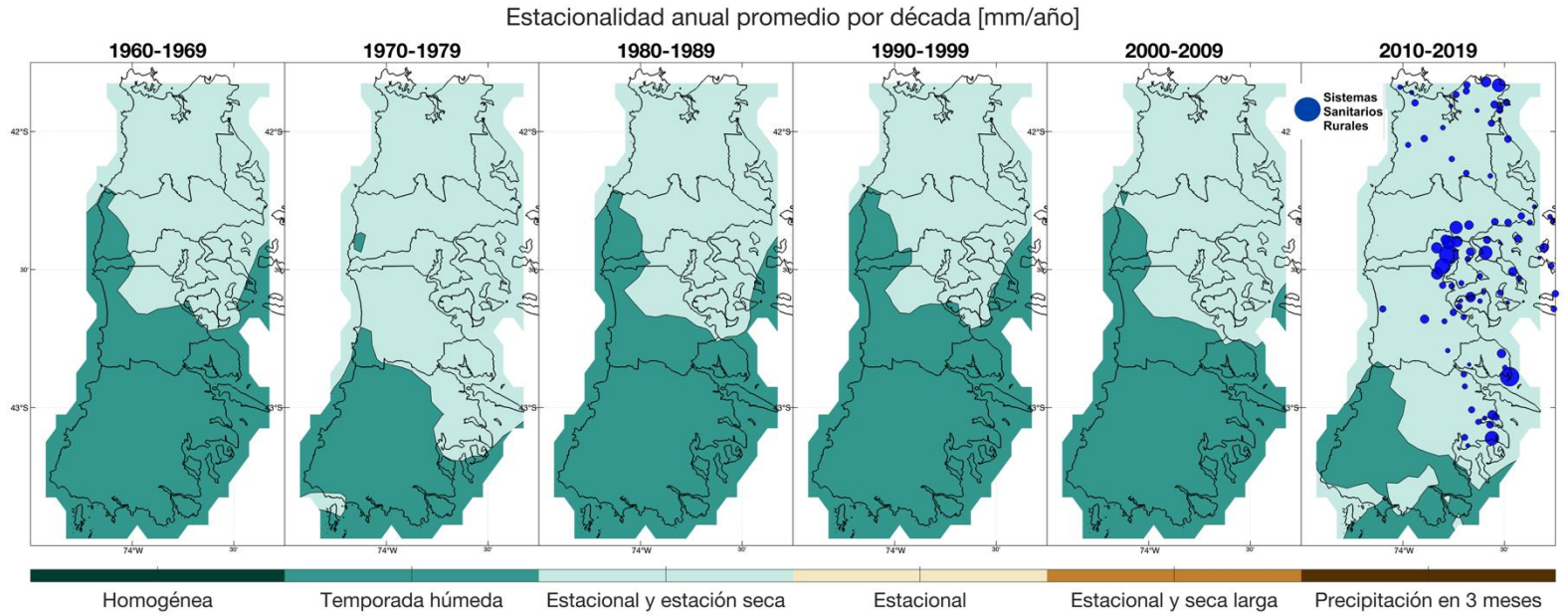


Figura 6. Estacionalidad promedio según Walsh & Lawler (1981), puntos azules corresponden a SSR con diferencia de tamaño en función del número de arranques. Fuente elaboración propia en base a Datos de CR2MET.

3.1.2 ANÁLISIS DE LOS FORZANTES CLIMÁTICOS Y ESCENARIOS FUTUROS.

Se descargaron los modelos indicados en Gateño et al. (2024) (BCC-CSM2-MR, CMCC-CM2-SR5, GFDL-ESM4, INM-CM4-8, INM-CM5, MRI-ESM2) dada la disponibilidad de campos diarios de temperatura -máxima y mínima- y precipitación desde la plataforma Copernicus (https://cds.climate.copernicus.eu/datasets/projections-cmip6) para el dominio espacial que contiene la Isla Grande. La Isla de Chiloé queda cubierta por entre 2 y 6 píxeles, según el modelo. Luego, desde CR2MET se estableció un píxel representativo para cada SHAC. Se calcularon los indicadores de bondad de ajuste: la correlación de Pearson (r), la raíz cuadrada del promedio de los errores (RMSE) y la eficiencia de Nash-Sutcliffe (NSE). Se analizan tanto la correspondencia temporal como las funciones de probabilidad empírica (ecdf) para evaluar la magnitud de las diferencias entre los valores de las simulaciones y las observaciones. Valga indicar que la comparación de observaciones y simulaciones es un indicador (*proxy*) del error sistemático, también llamado sesgo.

Dado que el Explorador de Amenazas Climáticas de ARClim provee indicadores de cambio y escenarios futuros, a partir de simulaciones CIMP6 en escenarios SSP5-8.5 (desarrollo basado en altas emisiones), SSP2-4.5 (crecimiento moderado con emisiones intermendias) y la corrección Quantile-Quantile (cf. Rivera et al., 2009), se compararon las series de tiempo de las salidas respecto del píxel representativo de cada SHAC. Valga señalar que se recomienda utilizar el escenario menos favorable, SSP5-8.5, en las evaluaciones de riesgo climático.

Se comparan las salidas de CMIP6 y los datos de referencia de CR2MET de precipitación mensual para cada uno de los SHAC. Las Figuras 6 a 12 muestran la comparación entre la precipitación mensual de cada uno de los *ensemble members* y el *ensemble mean* por SHAC. Se observa que la banda de las simulaciones (mínimo-máximo) contiene la serie de tiempo de referencia y que el *ensemble mean* reproduce las variaciones. Sin embargo, se observa un sesgo significativo en los SHAC de Castro (Figura 10) y de Huillinco (Figura 11). La Figura 13 ejemplifica la capacidad de los modelos CIMP6 para reproducir el Índice de Estacionalidad y el Índice de Precipitación Estandarizado SPI-12, tras la corrección de sesgo para el futuro cercano y lejano.

Es necesario indicar que los datos disponibles en ARClim no permiten un análisis de futuro lejano (2065-2090), puesto que, para la determinación de las amenazas climáticas, se comparan las salidas acondicionadas de 30 modelos CIMP6 (41 *ensemble members*) en los

periodos histórico (1980-2010) y futuro cercano (2035-2065) para los escenarios SSP5-8.5 y SSP2-4.5. Las figuras 14 a 19 muestran que las diferencias entre los 2 escenarios SSP no son significativas en la zona de estudio. Por otra parte, las simulaciones de futuro lejano, escaldas y representativas para cada SHAC muestran un aumento sostenido del Índice de Estacionalidad y una tendencia a condiciones de sequía, medidas como SPI12, en el futuro cercano y lejano (figuras 14 a la 19).

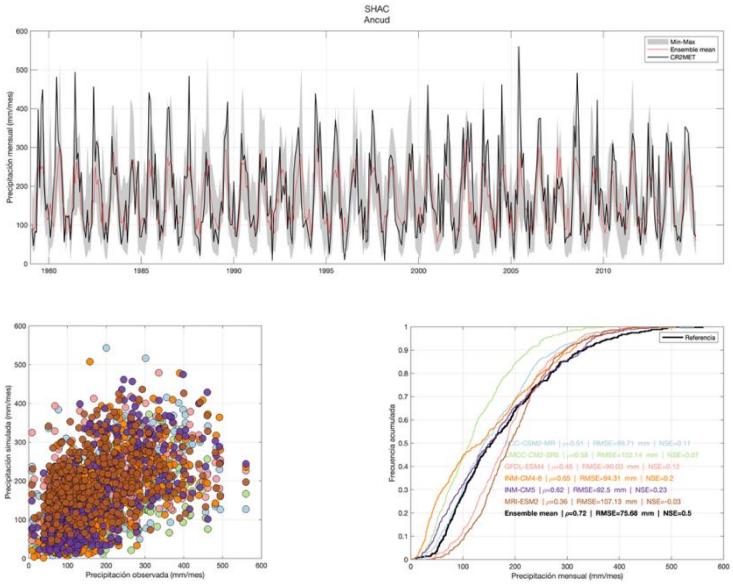


Figura 7. Comparación de series de precipitación observada, series simuladas de los modelos CIMP6 y promedio de las salidas de los modelos para el periodo histórico, SHAC Ancud. Fuente elaboración propia en base a Salidas CIMP6 desde Copernicus Data Store.

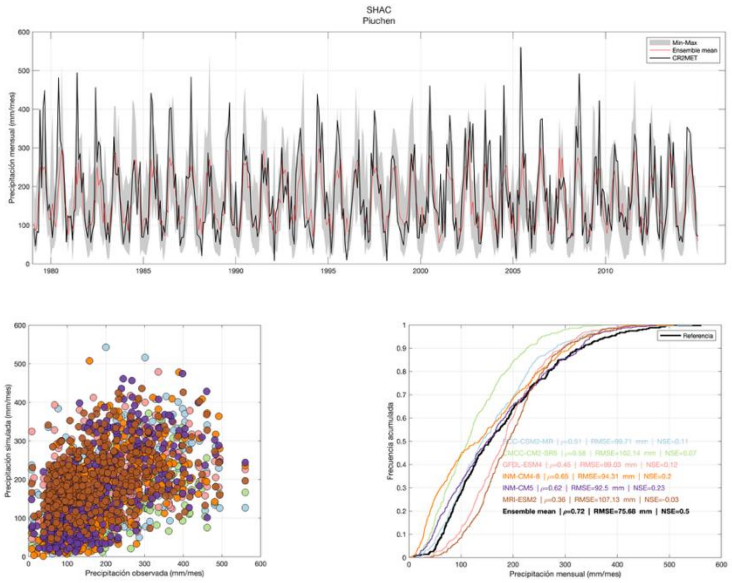


Figura 8. ***Comparación de series de precipitación observadas, de series simuladas con los modelos CIMP6 y del promedio de las salidas de los modelos para el periodo histórico. SHAC Piuchén*** *Fuente elaboración propia en base a Salidas de CIMP6 desde el Copernicus Data Store.*

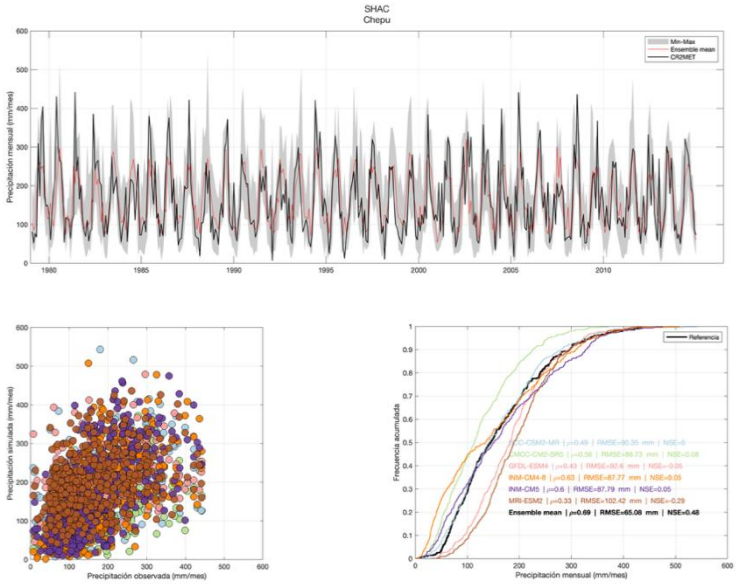


Figura 9. ***Comparación de series de precipitación observadas, de series simuladas con los modelos CIMP6 y del promedio de las salidas de los modelos para el periodo histórico. SHAC Chepu.*** *Fuente elaboración propia en base a Salidas de CIMP6 desde el Copernicus Data Store.*

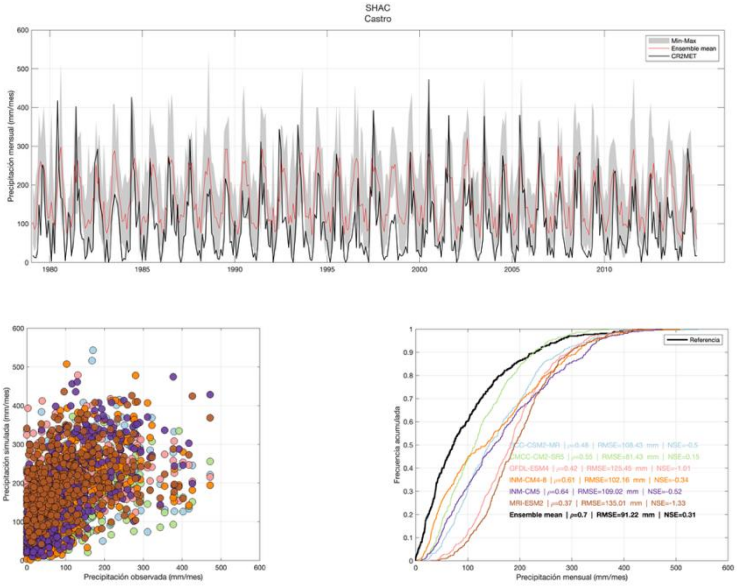


Figura 10. ***Comparación de series de precipitación observadas, de series simuladas con los modelos CIMP6 y del promedio de las salidas de los modelos para el periodo histórico. SHAC Castro*** *Fuente elaboración propia en base a Salidas de CIMP6 desde el Copernicus Data Store.*

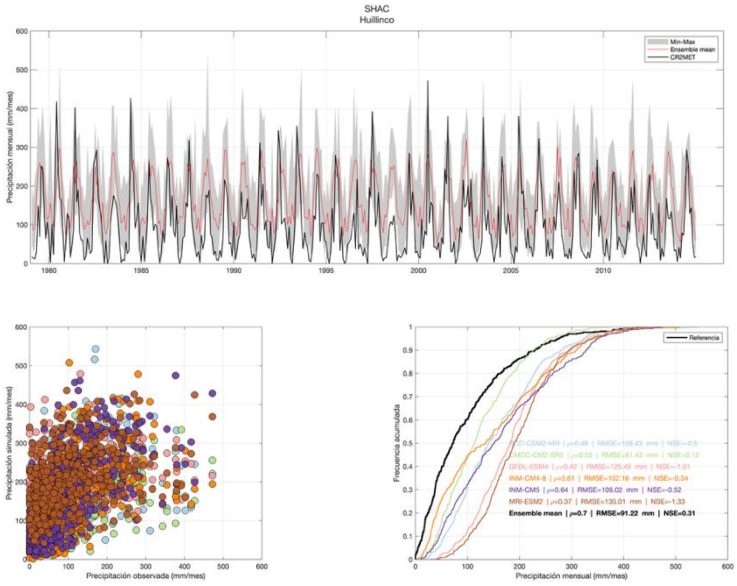


Figura 11. ***Comparación de series de precipitación observadas, de series simuladas con los modelos CIMP6 y del promedio de las salidas de los modelos para el periodo histórico. SHAC Huillinco.*** *Fuente elaboración propia en base a Salidas de CIMP6 desde el Copernicus Data Store.*

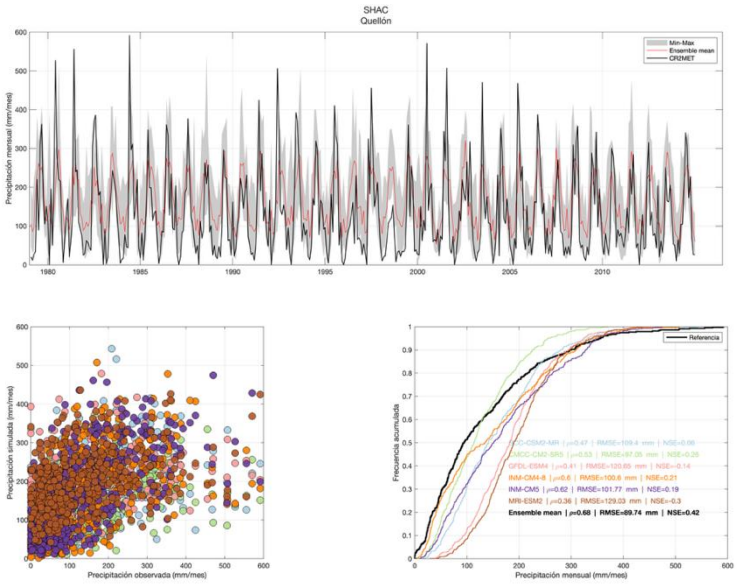


Figura 12. ***Comparación de series de precipitación observadas, de series simuladas con los modelos CIMP6 y del promedio de las salidas de los modelos para el periodo histórico. SHAC Quellón.*** *Fuente elaboración propia en base a Salidas CIMP6 desde Copernicus Data Store*

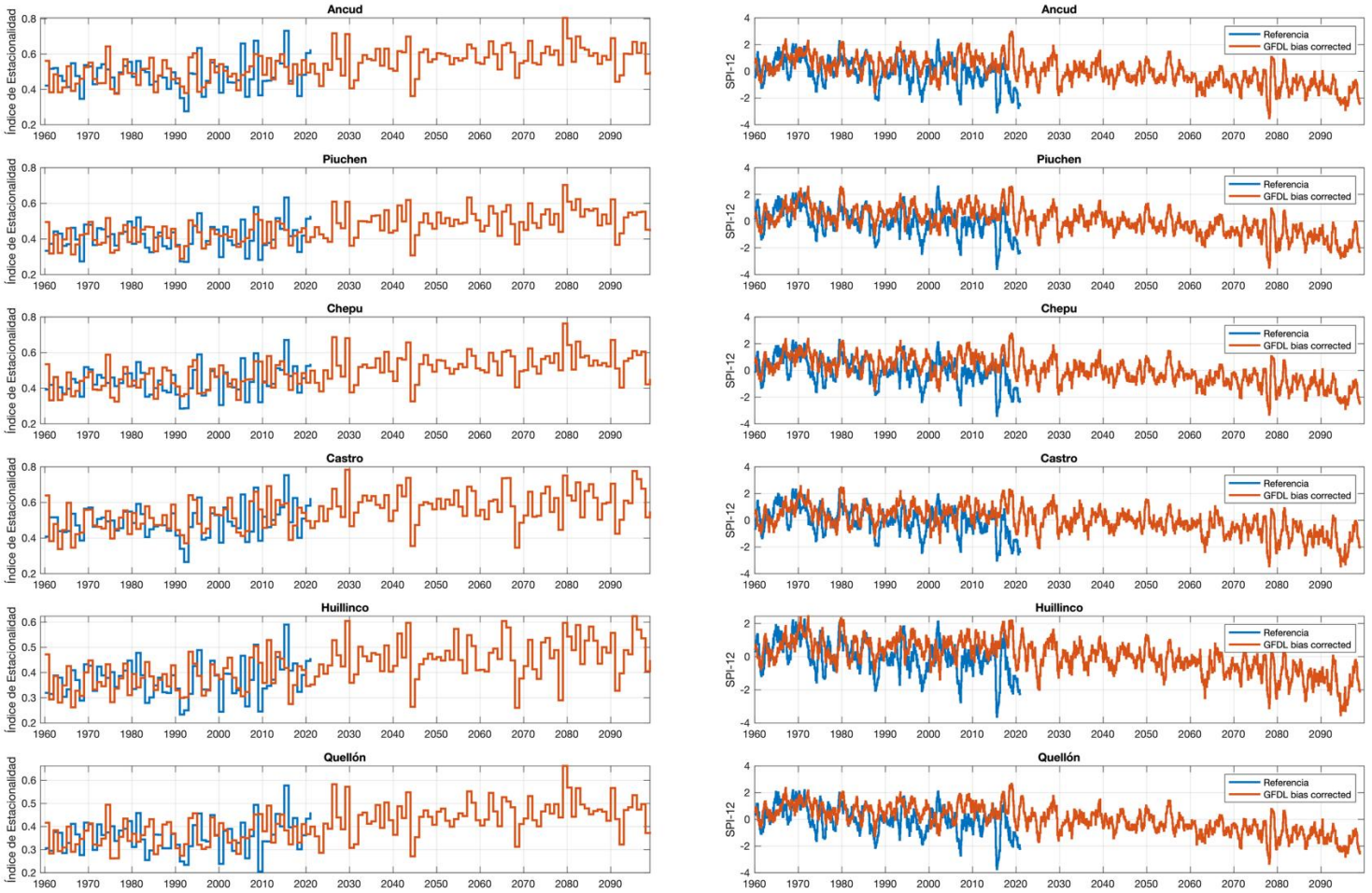


Figura 13. Comparación de series de precipitación observadas y simuladas por los modelos, luego de la corrección de sesgo mediante mapeo de cuartiles. Se reconoce el uso del paquete climQMBC para MATLAB. Fuente elaboración propia en base a Referencia desde CR2Met, salidas CIMP6 desde Copernicus Data Store.

La capacidad de las salidas CMIP6 para reproducir la condición histórica, tanto en magnitud como en variabilidad, ha sido ampliamente estudiada (cf. Salazar et al., 2024; Gateño et al., 2024; Rivera y Arnould, 2020). La literatura consultada indica que los modelos y el promedio de los modelos (*ensemble mean*) reproducen de manera realista la variabilidad histórica del clima en tiempo y espacio, y proyectan una disminución de 10 a 30% en la precipitación en la zona de estudio bajo el escenario SSP5-85 (Salazar et al., 2024). Además, a partir del uso de CR2MET, Gateño et al. (2024) indican cambios potenciales en la estacionalidad de la precipitación en el futuro cercano, tanto por modificaciones en los patrones regionales del sistema climático como en los aspectos locales (Olmo et al., 2023). Respecto de los métodos de *downscaling*, Aguayo et al. (2021) indican que, independientemente del método, se prevé un aumento en la duración y magnitud de las condiciones de déficit y déficit severo.

Respecto del análisis de indicadores de cambio futuro, se analizan las salidas de los modelos CIMP6 en los escenarios SSP5-8.5 y SSP2-4.5 provistos por el Explorador de Amenazas de ARClim, tras la corrección de sesgo. Las Figuras 14 a 19 comparan la banda de variación de 22 *ensemble members* respecto de los valores de referencia de CR2 por SHAC. Se observa que, para cada SHAC, las salidas desde ARClim reproducen satisfactoriamente las condiciones históricas. La Figura 20 muestra la variabilidad intra-SHAC de los valores de precipitación anual y de temperatura media en el periodo de referencia (1980 – 2010) desde el explorador de Amenazas.”

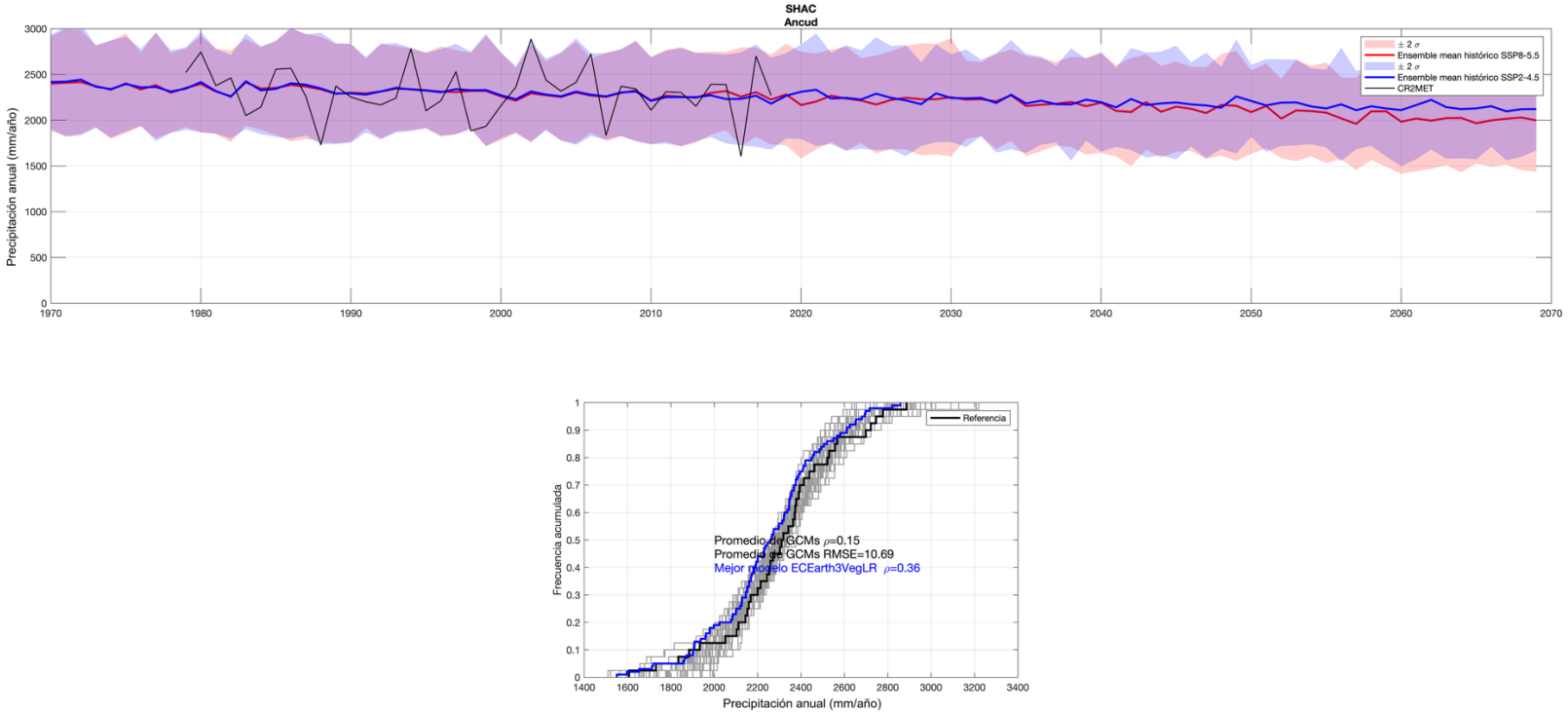


Figura 14. Comparación de precipitación promedio observada desde CR2MET en el periodo de referencia (1979-2018), series simuladas de los modelos CIMP6 para el periodo histórico y el periodo futuro (2035-2065) de las salidas de los modelos en los escenarios SSP8-5.5 y SSP2-4.5 ajustadas. SHAC Ancud. Fuente elaboración propia en base a Explorador de amenazas ARClim.

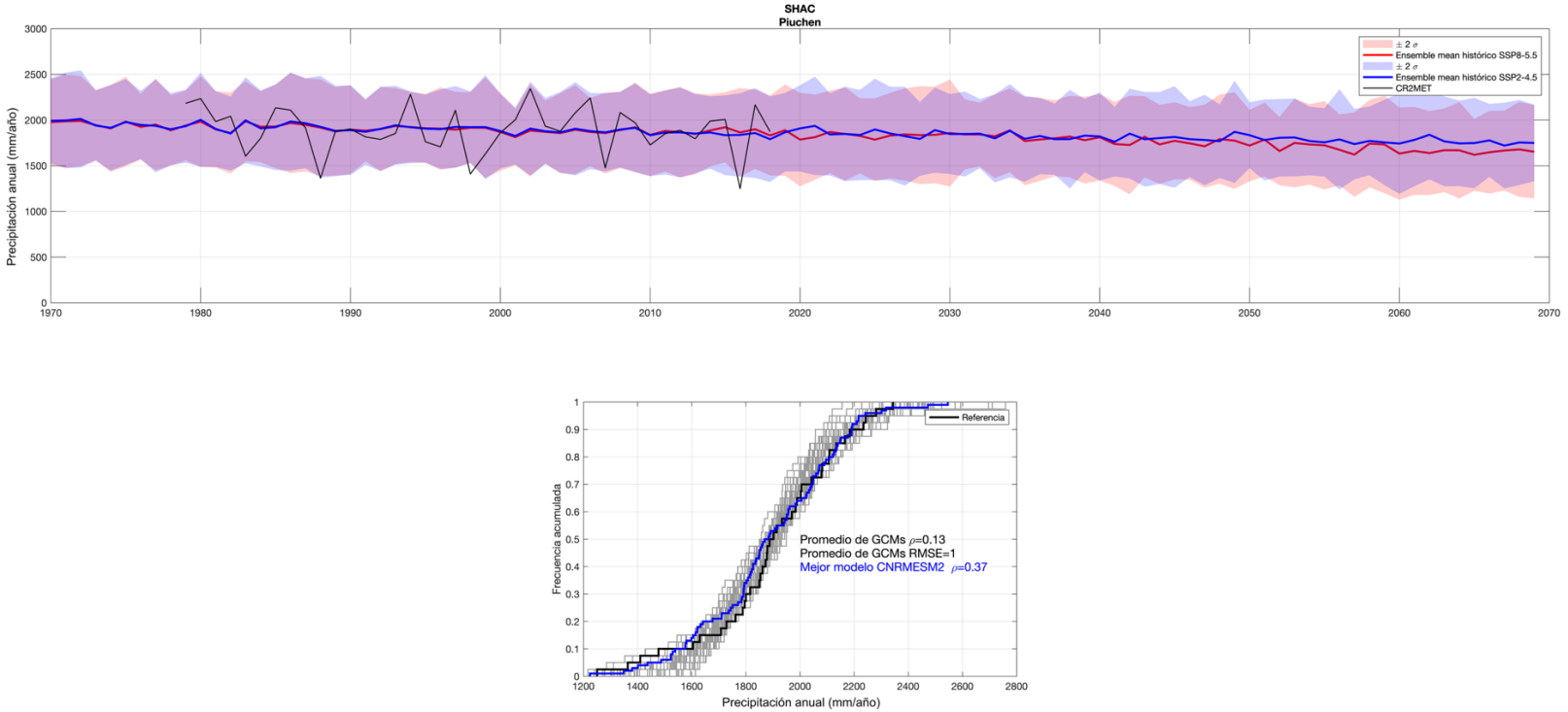


Figura 15. Comparación de precipitación promedio observada desde CR2MET en el periodo de referencia (1979-2018), series simuladas de los modelos CIMP6 para el periodo histórico y el periodo futuro (2035-2065) de las salidas de los modelos en los escenarios SSP8-5.5 y SSP2-4.5 ajustadas. SHAC Piuchén. Fuente elaboración propia en base a Explorador de amenazas ARClim.

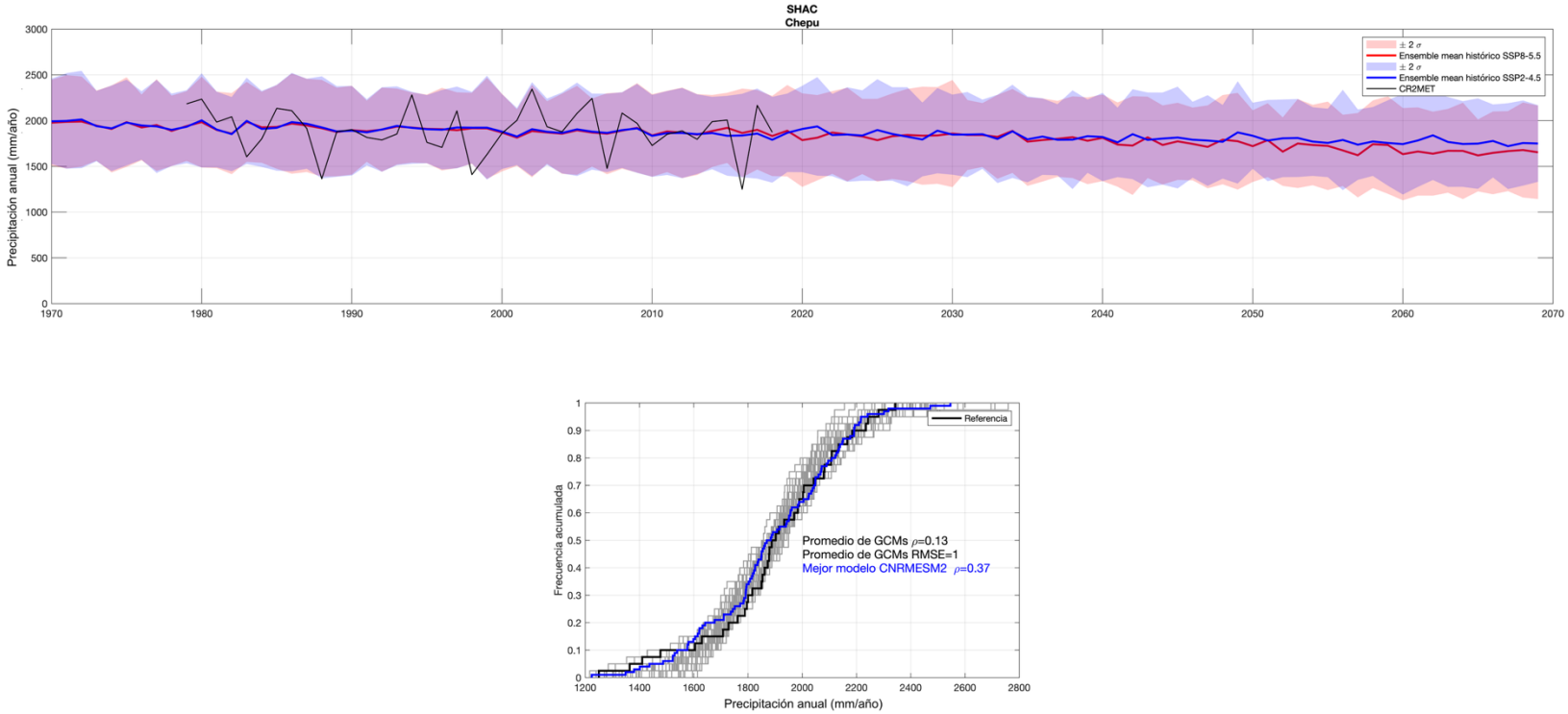


Figura 16. Comparación de precipitación promedio observada desde CR2MET en el periodo de referencia (1979-2018), series simuladas de los modelos CIMP6 para el periodo histórico y el periodo futuro (2035-2065) de las salidas de los modelos en los escenarios SSP8-5.5 y SSP2-4.5 ajustadas. SHAC Chepu. Fuente elaboración propia en base a Explorador de amenazas ARClim.

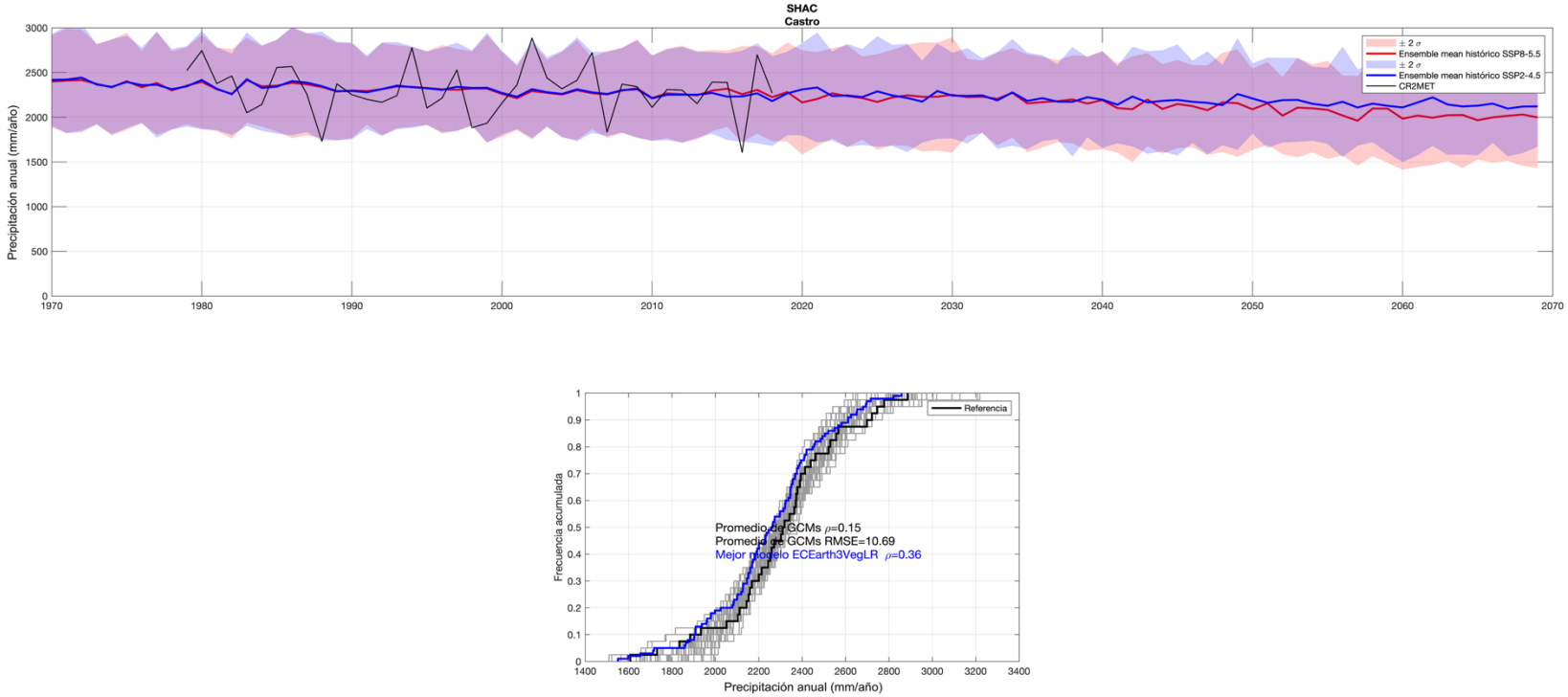


Figura 17. Comparación de precipitación promedio observada desde CR2MET en el periodo de referencia (1979-2018), series simuladas de los modelos CIMP6 para el periodo histórico y el periodo futuro (2035-2065) de las salidas de los modelos en los escenarios SSP8-5.5 y SSP2-4.5 ajustadas. SHAC Castro. Fuente elaboración propia en base a Explorador de amenazas ARClim.

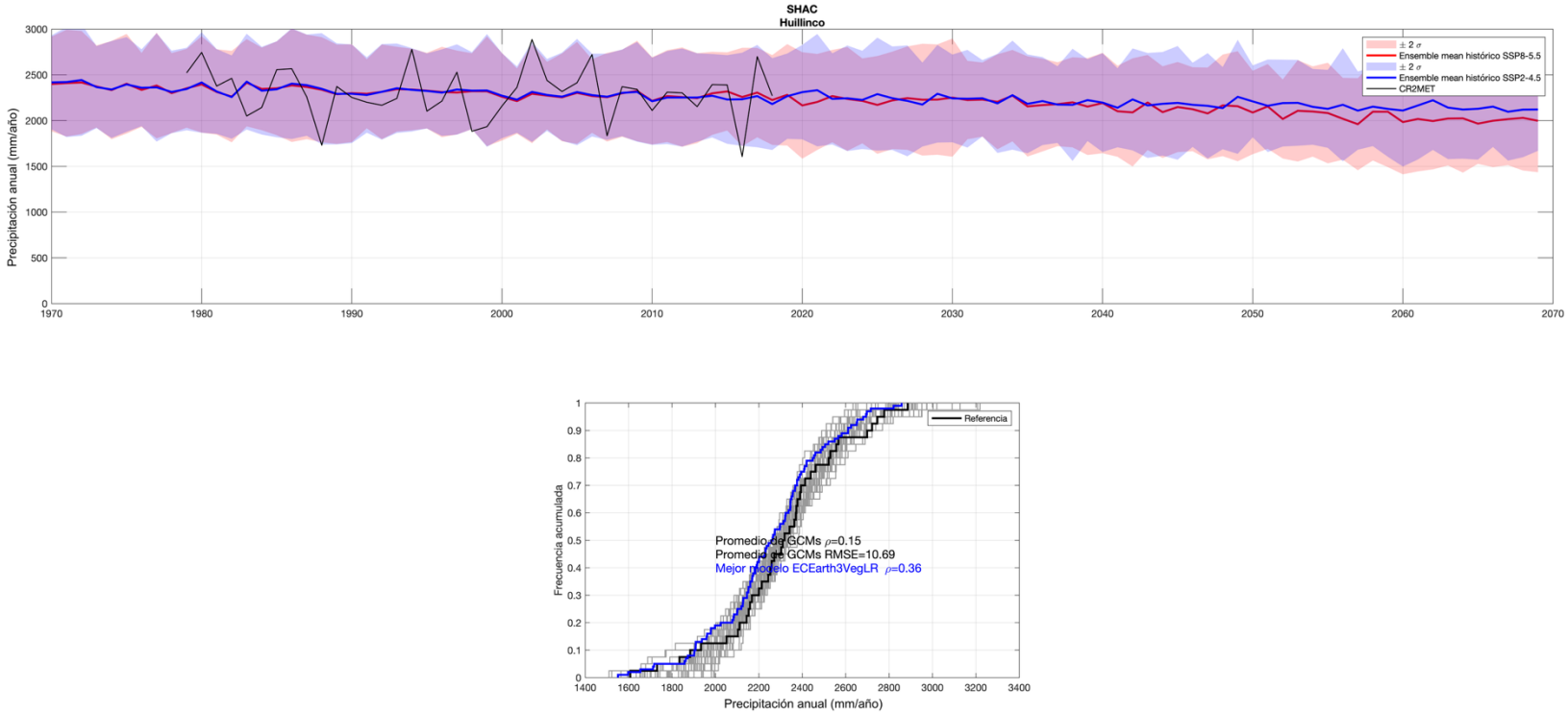


Figura 18. Comparación de precipitación promedio observada desde CR2MET en el periodo de referencia (1979-2018), series simuladas de los modelos CIMP6 para el periodo histórico y el periodo futuro (2035-2065) de las salidas de los modelos en los escenarios SSP8-5.5 y SSP2-4.5 ajustadas. SHAC Huillinco. Fuente elaboración propia en base a Explorador de amenazas ARClim.

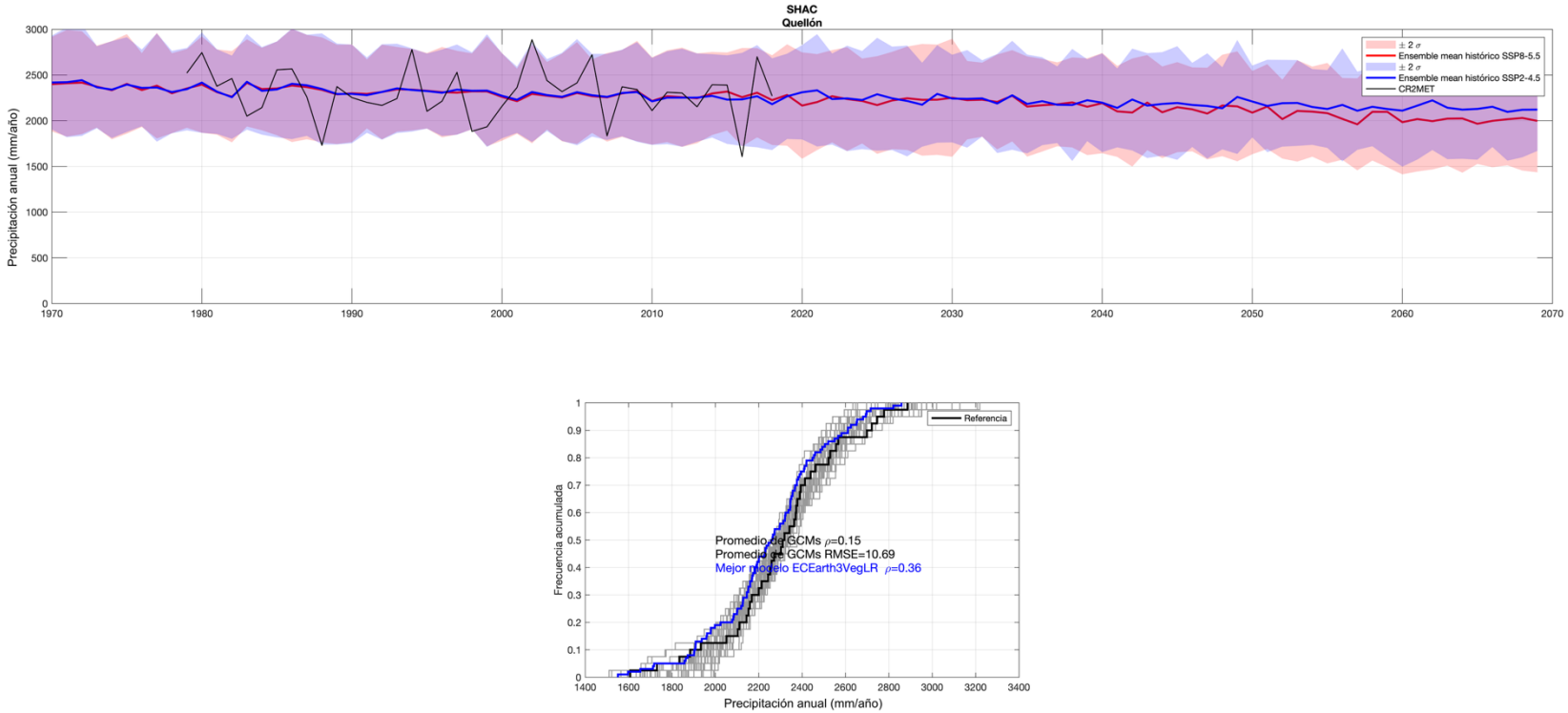


Figura 19. Comparación de precipitación promedio observada desde CR2MET en el periodo de referencia (1979-2018), series simuladas de los modelos CIMP6 para el periodo histórico y el periodo futuro (2035-2065) de las salidas de los modelos en los escenarios SSP8-5.5 y SSP2-4.5 ajustadas. SHAC Quellón. Fuente: Explorador de amenazas ARClim.

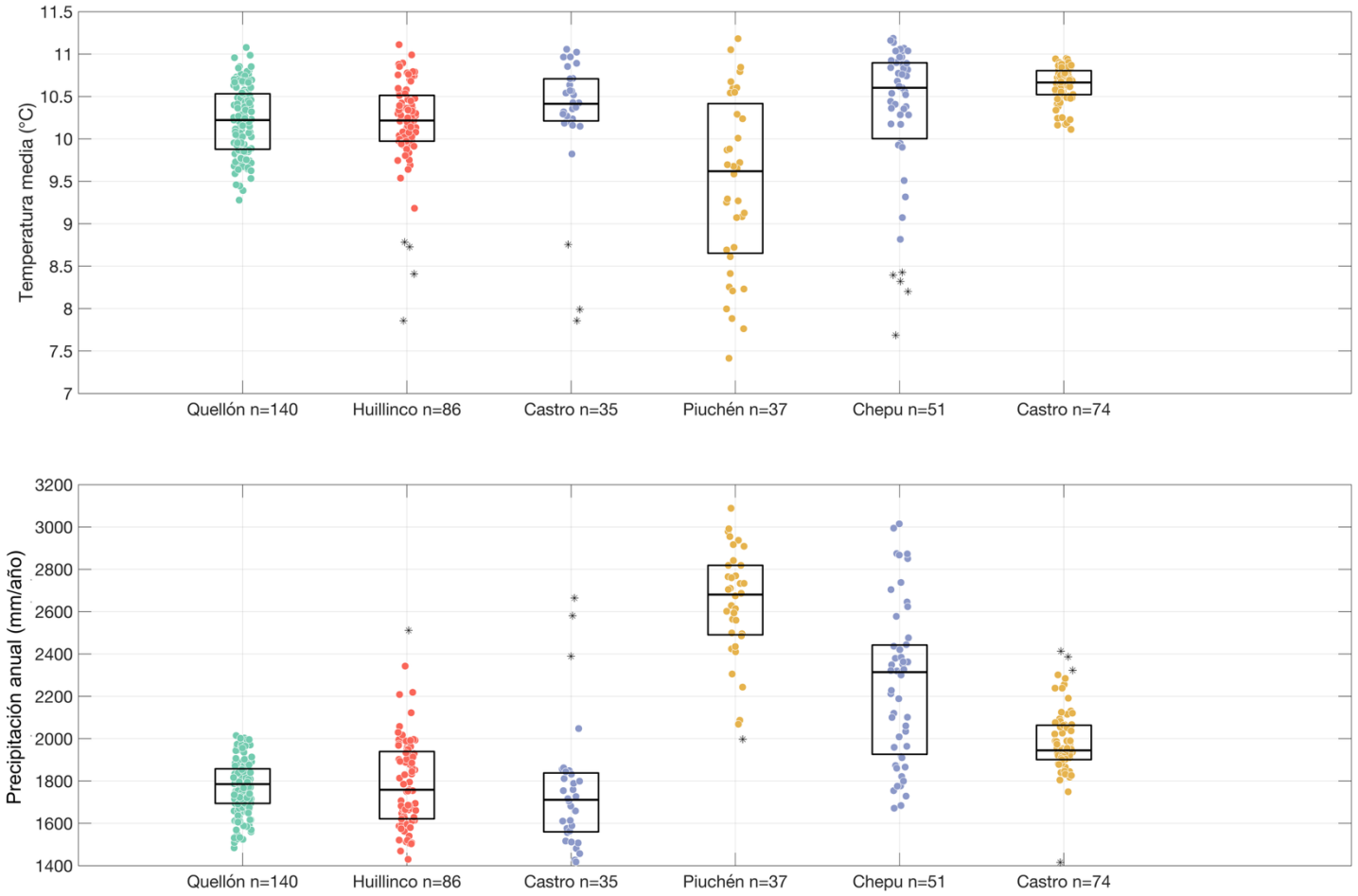


Figura 20. Comparación de variabilidad en temperatura media y precipitación anual intra-SHAC de las series simuladas de los modelos CIMP6 para el periodo histórico (1980 – 2010) y periodo futuro (2035–2065) de las salidas de los modelos en el escenario SSP8-5.5 y SSP2-4.5 ajustadas. Fuente: Códigos propios, a partir de Datos de ARClim.

Los resultados respaldan el uso de datos de ARClim en el análisis climático a la misma escala espacial que CR2MET. En consecuencia, las condiciones históricas se reproducen de manera realista mediante los datos grillados CR2MET y el balance hídrico elaborado por la Dirección General de Aguas (DGA, 2022). En cuanto a las condiciones futuras, las salidas ajustadas de los modelos CMIP6 son suficientes para evaluar los cambios, la magnitud y la frecuencia de las precipitaciones y las temperaturas.

Valga señalar que la Isla Grande está cubierta por un número reducido de píxeles, con baja variabilidad espacial, y que el número de estaciones también es bajo, con una cobertura temporal que abarca de manera consistente los últimos 20 años. Por otra parte, el Explorador de Amenazas provee series de tiempo ajustadas según CR2MET y una buena resolución espacial (ca.[5] 500 píxeles para la Isla Grande). El uso de técnicas de *downscaling,* según indica la literatura, no afecta las conclusiones de los escenarios.

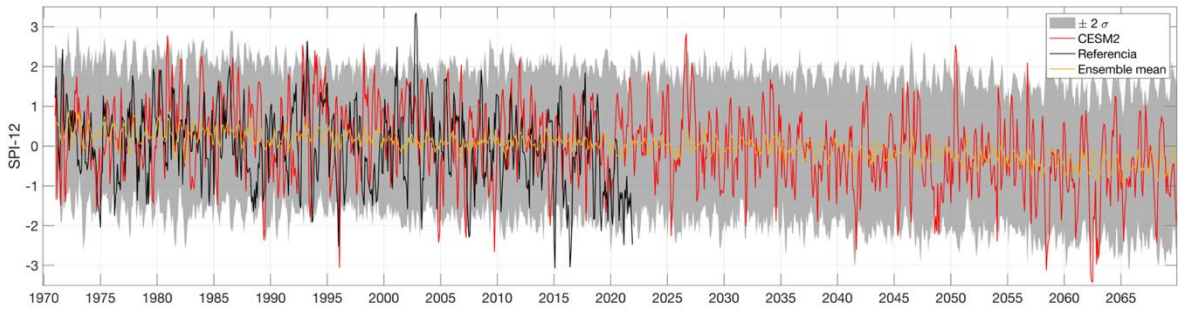
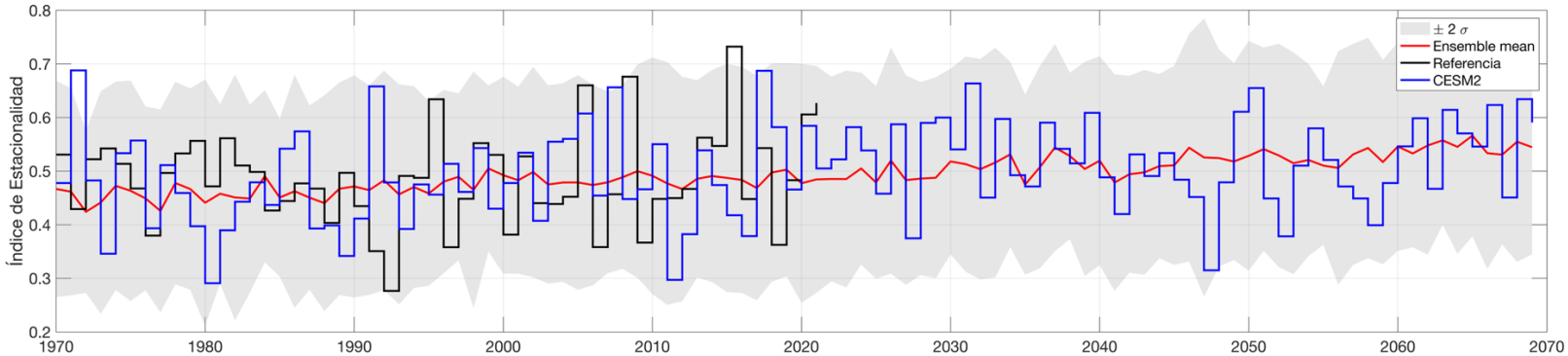
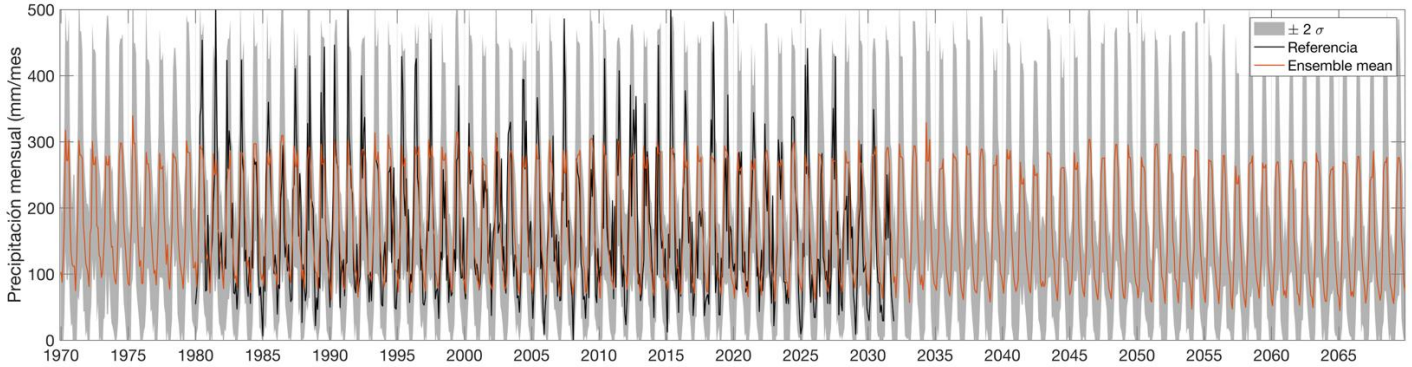


Figura 21. Índice de Estacionalidad (IE) aue permite comparar el régimen de precipitación entre condiciones históricas y de futuro cercano. Fuente: elaboración propia en base a Datos mensuales de precipitación del Explorador de Amenazas de ARClim

En la Figura 21 importante observar la permanencia y el cambio de los valores en los rangos. Las simulaciones muestran oscilaciones entre un régimen de precipitación durante todo el año, con una temporada más húmeda (0,2≤ IE ≤0,39), y otro estacional, con una temporada seca corta (0,4≤ IE ≤0,59). Dado que el IE es esencialmente un indicador categórico, es necesario comparar observaciones y simulaciones mediante indicadores como las matrices de confusión. En el SHAC Ancud (Figura 20), las simulaciones clasifican correctamente las clases de estacionalidad en el 75 % de los años. Además, se reproduce la tendencia creciente (Figura 22).


Índice de Estacionalidad
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
1970
1980
1990
2000
2010
2020
2030
2040
2050
2060
2070
± 2 σ
Ensemble mean
Referencia
CESM2


Precipitación mensual (mm/mes
500
400
300
200
100
0
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
2015
2020
2025
2030
2035
2040
2045
2050
2055
2060
2065
± 2 σ
Referencia
Ensemble mean

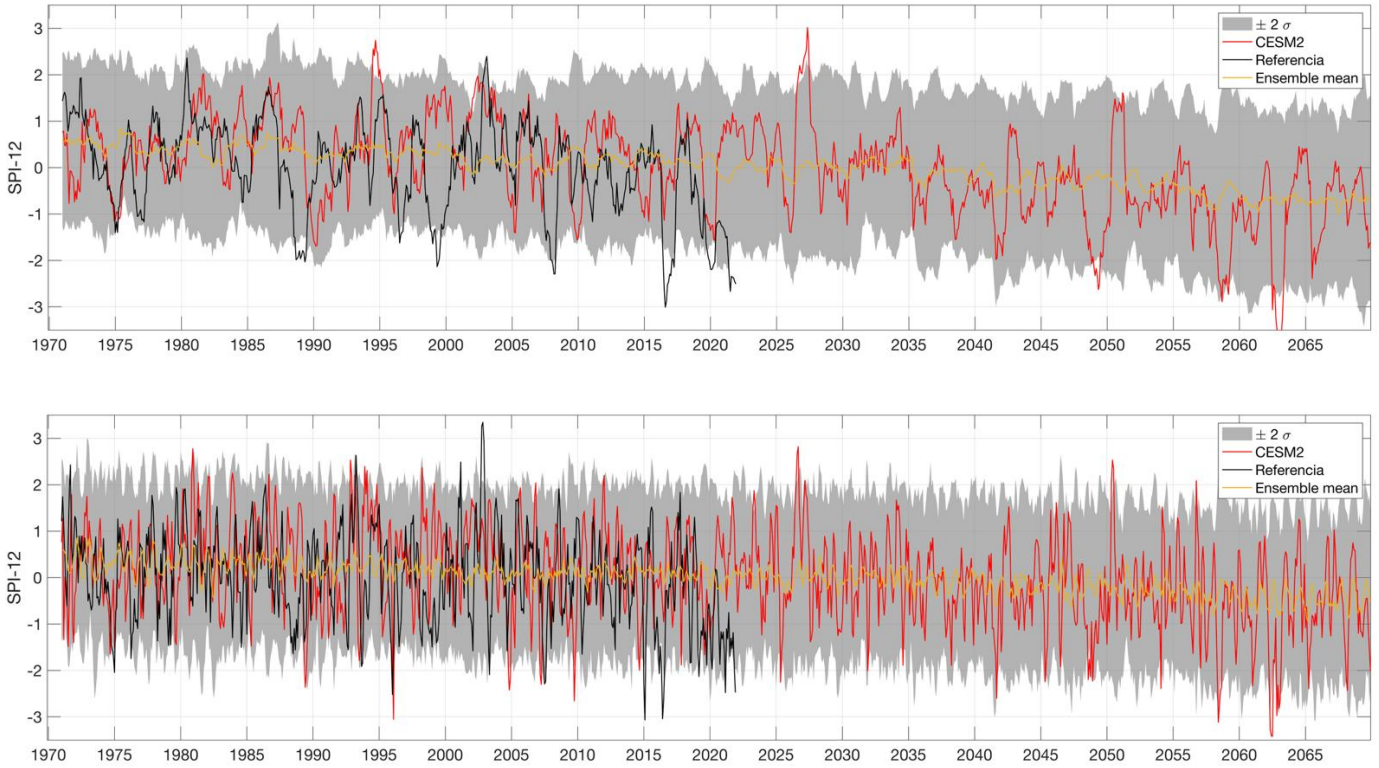


Figura 22. Comparación de series de tiempo de precipitación mensual, índice de estacionalidad, SPI-12 y SPI-3 de las series simuladas por el modelo CIMP6 en el escenario SSP8.5 para el SHAC Ancud. Fuente elaboración propia en base a Datos mensuales de precipitación del Explorador de Amenazas de ARClim.

3.1.3 BALANCE HIDROLÓGICO SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEO.

El balance hídrico[4] de una cuenca corresponde a la aplicación del Principio de Conservación de la Masa en una escala espacial y temporal determinada. La estimación del balance implica la contabilización de todas las entradas y salidas de agua, además del cambio en el almacenaje natural del suelo, de las aguas subterráneas, de los lagos, lagunas, turberas y humedales artificiales, si los hubiera. Dada la alta variabilidad de las entradas y salidas de agua en el tiempo y el espacio, es posible que el resultado sea negativo (positivo), es decir, que la tasa de ingreso de agua sea inferior (superior) a la tasa de salida de agua, lo que implica una disminución (aumento) del almacenaje. Por lo anterior, es importante analizar las tendencias de entradas, salidas y cambios en el almacenaje. En especial, la disminución de las condiciones de almacenaje implica una menor disponibilidad.

En la Isla Grande, la escorrentía y la recarga dependen de las condiciones pluviométricas, es decir, a menor volumen de precipitaciones, disminuyen la recarga y el caudal superficial (que drena al mar). La disminución de la recarga implica una profundización del nivel freático (DGA, 2022). La Figura 23 muestra los valores simulados de balance hídrico (DGA, 2022) para el periodo histórico y el futuro cercano de las componentes superficiales. Al respecto, se observa y se prevé una disminución del flujo de entrada (precipitación y otras fuentes, en magnitudes muy menores), lo que implica una disminución de los flujos de salida (evapotranspiración, escorrentía y descargas al mar). El cambio en el almacenamiento está cercano a la condición de equilibrio, lo que indica que las condiciones de almacenamiento superficial tienen menor impacto en el almacenaje interanual. El informe citado, además, compara los componentes del balance superficial bajo diferentes condiciones de manejo (escenario base, aumento de la población, cambio en el uso del suelo y escenario de implementación de un plan de gestión). El informe DGA (2022) indica que los modelos de forzantes de clima basados en los escenarios RCP reproducen las condiciones en la Isla Grande. En este reporte se utilizan las salidas de los escenarios SSP que también presentan un buen desempeño.

[4] Para evitar confusiones, el balance hídrico suele presentarse en términos de volumen anual de cada uno de los componentes que definen el agua contenida en una cuenca.

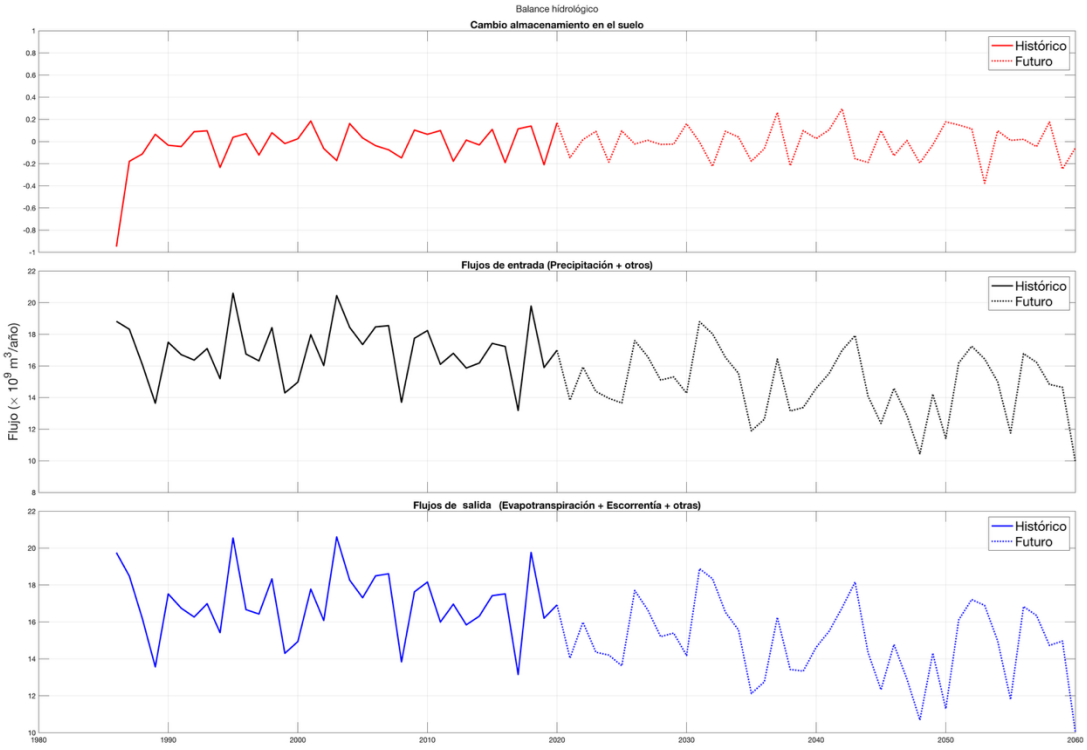


Figura 23. Series de tiempo de los componentes del balance superficial para el periodo histórico 1986-2020 y el futuro 2021-2060. La línea punteada corresponde a simulaciones de condiciones futuras. Fuente elaboración propia en base a Datos de DGA (2022).

En DGA (2022) se consideran cambios para el periodo 2050-2059. El escenario base E0 es un escenario tendencial, mientras que E1 corresponde a una condición de cambio de uso de suelo de bosque nativo a uso agrícola; E2 corresponde a un escenario de aumento acelerado de la población; y, E3 (Plan) corresponde a la implementación de opciones de almacenaje. Dado que se trata de escenarios de gestión, no hay una probabilidad de ocurrencia asociada (Figura 24).

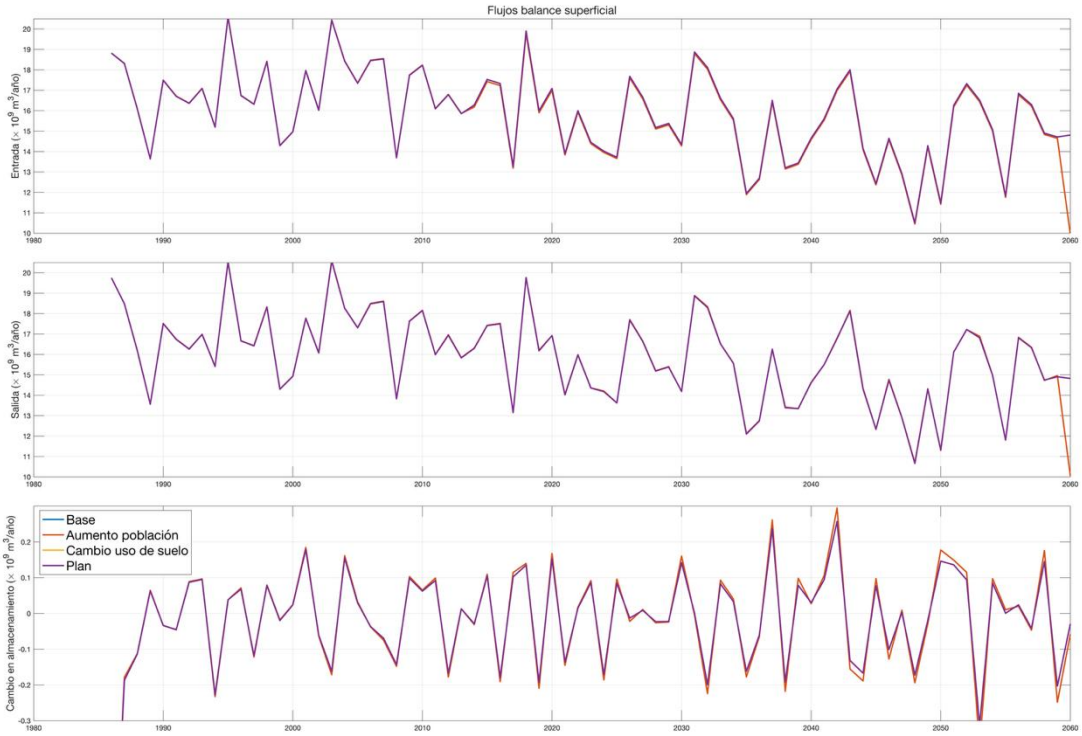


Figura 24. Series de tiempo de los flujos del balance superficial para el periodo histórico 1986-2020 y el futuro 2021-2060, para los 4 escenarios de gestión propuestos en el estudio DGA (2022): Base, Aumento de población, Cambio de uso de suelo y Plan de gestión. Fuente elaboración propia en base a Datos de DGA (2022).

Tanto el análisis de la condición histórica como las proyecciones de cambio climático indican una disminución de la precipitación y, en consecuencia, de la escorrentía superficial y de la recarga, junto con un aumento de la demanda de agua potable. Los resultados de las simulaciones en DGA (2022) indican que el aumento de consumo de agua potable de ca. 2,1 hm³/año representa menos del 1% del volumen de entradas superficiales y subterráneas (Figura 25). Cada uno de los escenarios considera cambios menores en los volúmenes de agua (p. ej., aumento de la demanda debido al crecimiento de la población) respecto de la cuenca. Lo anterior no implica que los diferentes escenarios de manejo no sean de importancia o significancia a nivel territorial o local. En efecto, la concentración de las captaciones de agua superficial o el aumento de la demanda en un territorio tendrá efectos locales, principalmente hidráulicos, que son observados por la población.

Por ello, es importante el reconocimiento detallado de las condiciones locales en la evaluación de la vulnerabilidad y la exposición de los SSR. En lo absoluto, este análisis implica la inutilidad de las simulaciones a nivel de cuenca; más bien, indica que el análisis de las condiciones regionales es una condición necesaria, mas no suficiente, para definir zonas de interés. El caudal entrante a turberas y humedales naturales es un *proxy* de cambios en los flujos hacia el medio ambiente y de cambios locales en la disponibilidad. El flujo hacia los humedales es un indicador de las reservas ambientales mínimas, que pueden asociarse tanto a ecosistemas acuáticos como a terrestres. En ello, se establece que las zonas de protección son indicativas de las condiciones ambientales de conservación (DGA, 2022). En la Figura 25 se observa una disminución en la mayoría de los puntos simulados en DGA (2022).

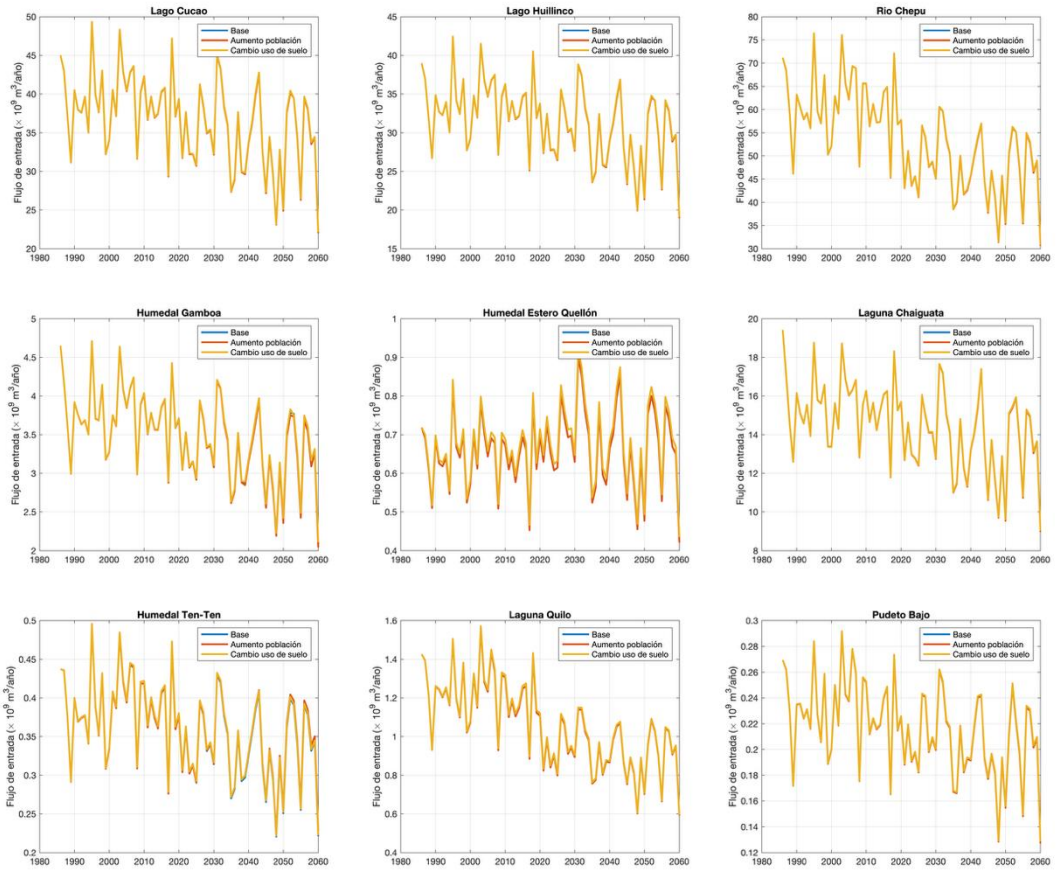


Figura 25. Caudal entrante a humedales para el periodo histórico 1986-2020 y el futuro 2021-2060, en los 4 escenarios de gestión propuestos en el estudio DGA (2022), en cada uno de los humedales (marismas herbáceas, ñadis herbáceos y arbustivos, otros terrenos húmedos, bofedales, turberas, vegas y vegetación en ríos) identificados en el estudio DGA (2022). Fuente elaboración propia en base a Datos de DGA (2022).

El balance subterráneo provisto por DGA (2022) presenta los resultados a nivel de los Sistemas Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común (SHAC) definidos por la autoridad competente. La Figura 26 muestra los diferentes resultados de balance hídrico para los 6 SHAC definidos en la Isla, correspondientes a distintos periodos de tiempo. Los SHAC de Quellón, Huillinco, Castro, Piuchén y Chepu presentan valores de balance positivos o cercanos a cero, aun en condiciones de aumento de las extracciones por parte de SSR. El SHAC Ancud presenta valores negativos del balance hídrico en todos los periodos. Los cambios en la disminución de la recarga están asociados a la disminución de la precipitación anual.

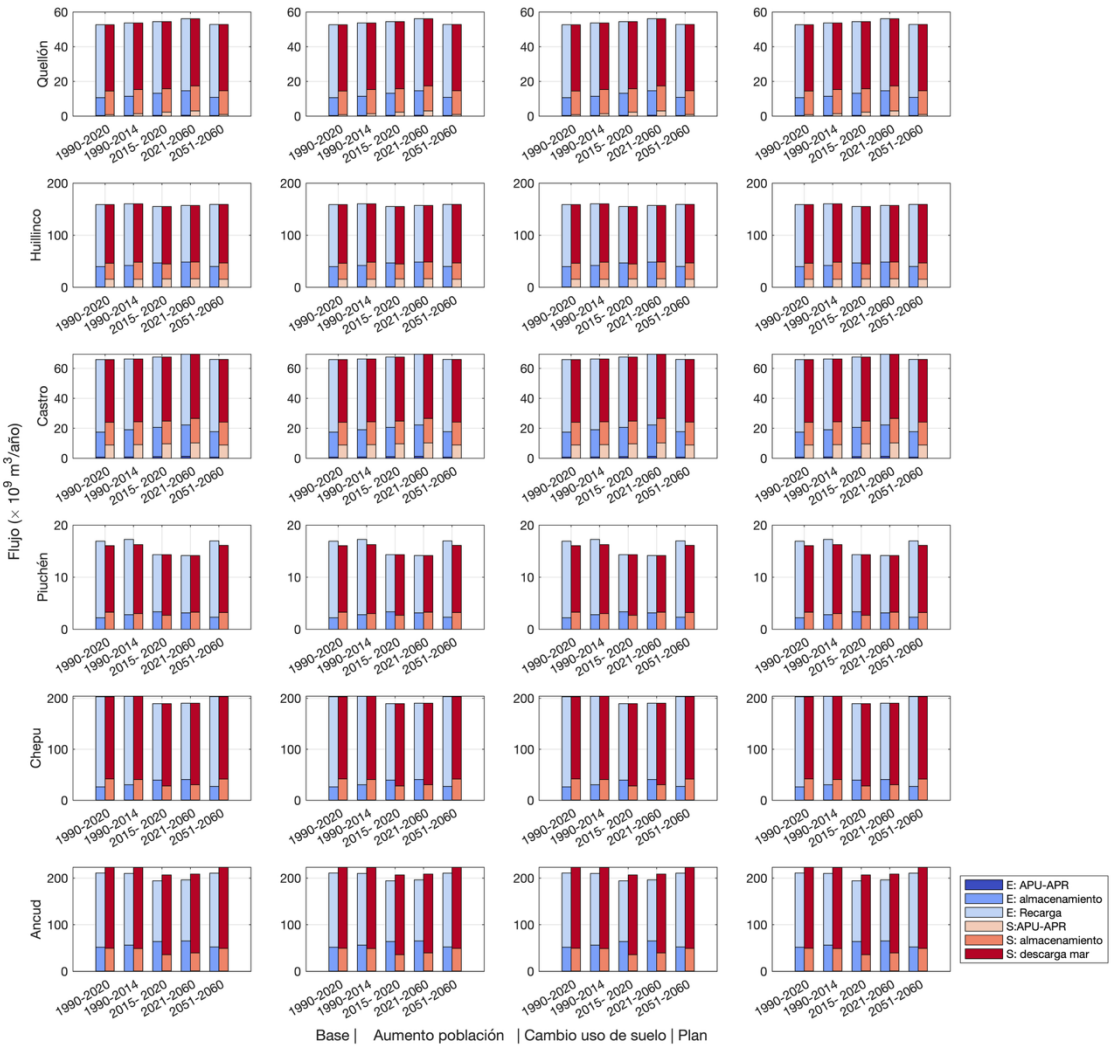


Figura 26. Comparación de los componentes del balance superficial para el periodo histórico 1986-2020 y el futuro 2021-2060. Cada columna corresponde a los 4 escenarios de gestión —Base, Aumento de población, Cambio de uso de suelo, Plan de gestión— propuestos en el estudio DGA (2022) para cada uno de los SHAC de la Isla de Chiloé. E se refiere a las entradas al sistema y S a las salidas del sistema. Fuente elaboración propia en base a Datos de DGA (2022).

El análisis conjunto de los cambios en los forzantes hidroclimáticos (precipitación y temperatura), los forzantes antrópicos (aumento de la población, cambio de uso del suelo) y los cambios en el balance hídrico superficial y subterráneo permite proponer como zonas de interés aquellos SHAC con balance hídrico negativo. Valga indicar que las condiciones de menor recarga, de menor precipitación y de cambios en la estacionalidad son concurrentes en toda la Isla Grande de Chiloé. El informe DGA (2022) proyecta una disminución de la recarga en la mayoría de los SHAC, excepto en el SHAC Castro. Para los SHAC de Chepu y Ancud la disminución es de ca. 20 % en el periodo 2020-2025.

Tanto el análisis de la condición histórica como las proyecciones de cambio climático indican una disminución de la precipitación y, en consecuencia, de la escorrentía superficial y de la recarga, junto con un aumento de la demanda de agua potable. Los resultados de las simulaciones en DGA (2022) indican que el aumento del consumo de agua potable de ca. 2,1 hm^3/año representa menos del 1% del volumen de las entradas superficiales y subterráneas. Los niveles estáticos del sistema de aguas subterráneas son inferiores a 20 m. Sin embargo, en Castro, Dalcahue y el noroeste de Quemchi, el nivel freático se sitúa entre 35 y 90 m. Es importante señalar que el estudio realizado por la DGA (DGA 2022, anexo H) indica que, para determinar la condición de sustentabilidad del acuífero, se requiere mejorar las estadísticas superficiales y la resolución de los parámetros hidrogeológicos. La Tabla 2 presenta un resumen de los resultados y conclusiones de los escenarios indicados en DGA (2022). El escenario E2 es de preocupación a corto plazo para la localidad de Ancud y puede extenderse plausiblemente a todos los SRR del SHAC de Ancud.

Tabla 2. Resumen de resultados y conclusiones presentados en DGA (2022)

Escenario	Supuestos	Resultados
E0 Tendencial	Variables hidrológicas, demográficas y de uso de suelo de periodo 2015-2019	Precipitación 16672 (hm^3/año) Aguas subterráneas para uso sanitario e industrial 41 (hm^3/año)
E1 Cambio de Uso de Suelo	Se mantiene bosque nativo en las áreas protegidas actuales El bosque nativo fuera de las áreas protegidas es reemplazado por uso agrícola en 3.660 km^2. Superficie de humedales sin variación	Precipitación 16492 (hm^3/año), Aguas subterráneas para uso sanitario e industrial 43 (hm^3/año) Aumento de 6,2% respecto al E0 Reducción de la evapotranspiración. Aumento de la percolación profunda

E2 Aumento poblacional	Aumento acelerado de la población urbana (base de 101.500 habitantes) desde 2% tendencial (168.464 habitantes el 2060) a crecimiento exponencial (22.128 habitantes el 2060) en Ancud, Achao, Castro, Chonchi, Quellón y Dalcahue Se mantiene la capacidad de producción de agua potable actual	Aumento de la extracción de aguas subterráneas para uso sanitario e industrial a 46 (hm³/año) Brecha hídrica en las localidades de Ancud (2,0 hm³/año desde el año 2022), Castro (0,05 hm³/año desde el año 2055), Quellón (0,02 hm³/año desde el año 2055). La brecha se debe a la falta de capacidad de producción.

3.1.4 INDICADORES DE CAMBIO CLIMÁTICO.

Esta sección presenta los cambios esperados en indicadores clave de cambio climático, que evidencian un cambio significativo en las condiciones de la Isla Grande entre el promedio del periodo base (1980-2010) y las condiciones de futuro cercano (2035-2065). Se consideran siete indicadores, separados en el semestre de invierno (de abril a septiembre) y en el de verano (de octubre a marzo). La separación en dos semestres se basa en el año hidrológico (de abril a abril) y es importante para analizar los cambios intraanuales.

- Temperatura media: valor medio de la temperatura diaria, calculado como la mitad de la diferencia entre la temperatura mínima y la máxima. Este es el principal indicador de calentamiento global.
- Precipitación acumulada: cantidad de precipitación acumulada por periodo. Este indicador permite analizar los cambios en la disponibilidad de agua según la temporada, debido a la naturaleza pluvial de la cuenca.
- Días de verano (> 25 °C): número de días en los que la temperatura supera los 25 °C. Corresponde a un indicador del cambio en el régimen estacional de las temperaturas, lo que afecta las condiciones de confort climático y el estado de la vegetación.
- Días cálidos: es el número de días en los que la temperatura supera el umbral definido como el percentil 90 de la temperatura diaria en el periodo de referencia (1980 a 2010) para cada píxel. Este es un indicador de aumento de la frecuencia de eventos de temperatura superiores a p90 en cada píxel. Es complementario del indicador de días de verano, pues el valor de p90 difiere entre píxeles.
- Días secos consecutivos: son el número máximo de días consecutivos en los que la precipitación diaria no supera 1 mm. Este es un indicador que afecta de manera perceptual, pues un aumento del máximo de días secos consecutivos modula la

disponibilidad de agua a corto plazo y, por ende, su disponibilidad para uso humano (cf. Latoja et al., 2025).

- Frecuencia de sequía: que corresponde al número de años en el periodo actual o futuro en los que la precipitación acumulada es menor que el 75% del promedio de la precipitación acumulada en el periodo de referencia (1980 a 2010). Dado que se trata de un indicador que toma como valor base, resulta útil para identificar el aumento o la disminución de la frecuencia.
- Índice de Precipitación Estandarizado (SPI, por sus siglas en inglés): mide la desviación o anomalía de la precipitación en un periodo de tiempo respecto del promedio de la serie temporal. Es un indicador estandarizado, pues se divide entre la desviación estándar de la serie de valores. Se calcula en periodos móviles de 1 a 48 meses. El SPI es un indicador de sequía meteorológica que permite comparar espacialmente y estimar la intensidad de la sequía. Es un indicador complementario del indicador "Frecuencia de Sequía".

Los indicadores normalizados se usan ampliamente para la precipitación (SPI) o se combinan con otras variables, como la evaporación (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index), para determinar el inicio, la intensidad y la extensión de los periodos de sequía (cf. Báez-Villanueva et al., 2024). Se ha reportado que el uso de indicadores estandarizados debe aplicarse con cautela en zonas de alta variabilidad decadal (Núñez et al., 2016), pues no capturan por completo las variaciones de menor frecuencia.

La Figura 27 muestra un aumento de 1,5 °C respecto de la temperatura media en verano e invierno. El aumento es homogéneo en el territorio. El SHAC Chepu y la zona sur del SHAC Castro registran un aumento de 12 días con temperaturas superiores a 25 °C. No se observa un aumento significativo en el número de píxeles con cambios superiores a 5 días (Figura 28). Sin embargo, la zona costera este de la Isla Grande muestra un aumento de 50 días al año en los que se superará la temperatura del periodo de referencia. La Figura 29 muestra que el calentamiento de la atmósfera afectará principalmente la zona costera en ambas estaciones; es decir, se esperan tanto veranos como inviernos más cálidos.

La disminución de la precipitación (Figura 30) es de ca. 15 % en invierno y 5 % en verano, especialmente homogénea. La diferencia en el decrecimiento de la precipitación entre semestres implica entonces un cambio en la estacionalidad de la precipitación hacia una temporada seca más extensa y con menores montos de precipitación, como se observa en el aumento de los días secos consecutivos (Figura 31) y en la frecuencia de periodos de

sequía (Figura 32). Más aún, el indicador SPI muestra valores futuros negativos en toda la isla, lo que refleja menores precipitaciones. Los SHAC de Ancud, Piuchén y Quellón presentan la mayor proporción de píxeles con cambios negativos superiores a SPI=1, es decir, un cambio de condiciones normales a moderadamente secas. Las Figuras 32, 33 y 34 muestran los cambios porcentuales de la precipitación mensuales. Se observa un cambio diferencial, con una mayor disminución entre diciembre y marzo.

El escenario futuro considera entonces cuatro elementos concurrentes:

I. disminución de los montos de precipitación (como lo indica el índice de precipitación acumulada),
II. aumento de la temperatura media y el régimen térmico a veranos *e* inviernos más cálidos (como lo indican los índices Temperatura Media, Días de Verano y Días cálidos),
III. aumento de los periodos de sequía (como lo indican los índices Frecuencia de Sequía y SPI);
IV. Cambio en la estacionalidad de las precipitaciones hacia temporadas secas más prolongadas.

En general, la variabilidad espacial es menor entre SHAC, lo que indica que no hay diferencias significativas en la amenaza climática a lo largo de la Isla Grande. Valga indicar que la homogeneidad espacial de la amenaza no implica que el riesgo se minimice ni que la amenaza sea menos atendible. Los resultados muestran que la amenaza climática de disminución de la disponibilidad de agua, debido a la disminución de las precipitaciones y al cambio en la estacionalidad, es alta en toda la Isla Grande, por lo que las condiciones de vulnerabilidad y exposición determinarán los niveles de riesgo entre SHAC.

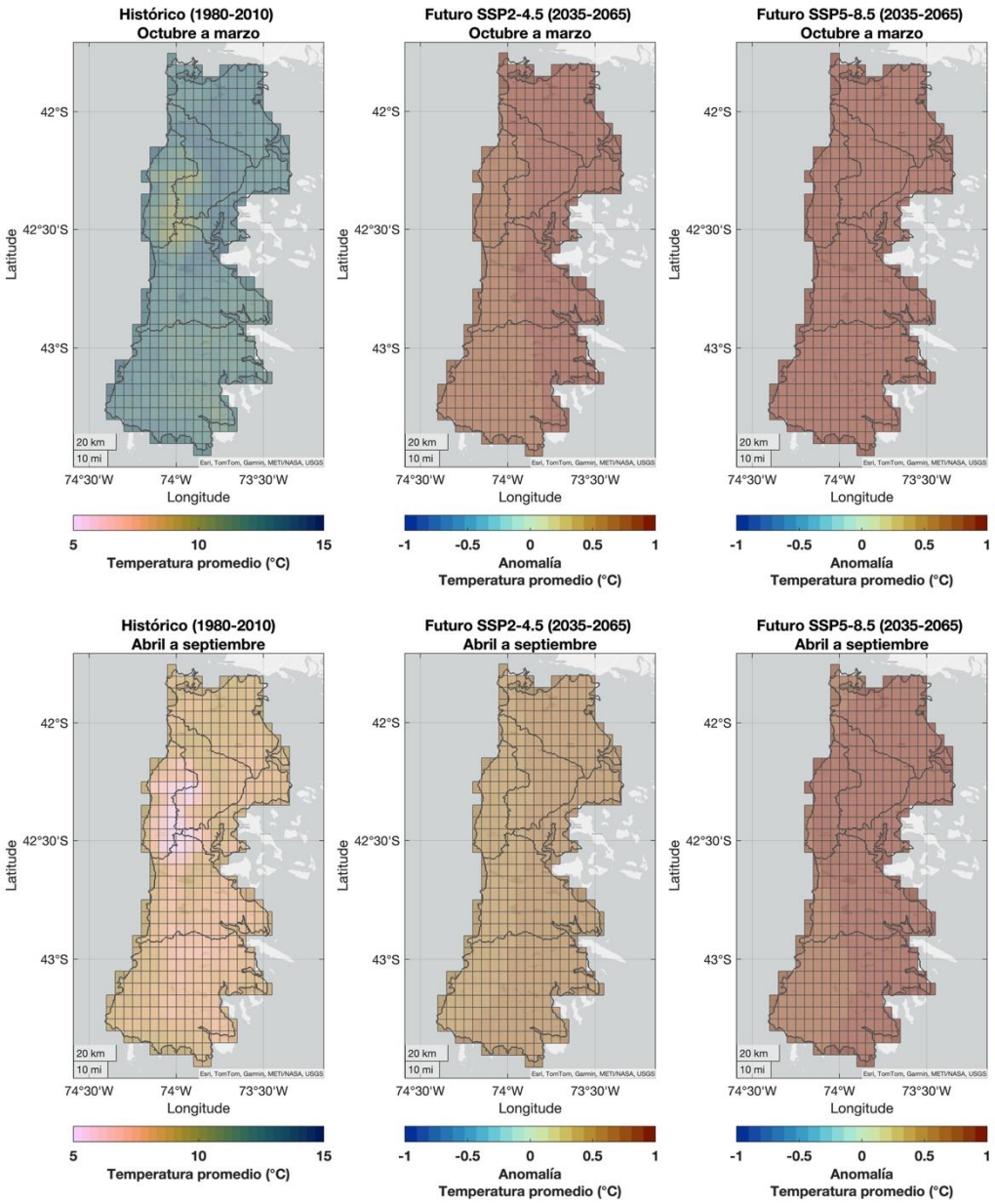


Figura 27. Comparación de cambio en temperatura media según estación (invierno y verano) y periodo (actual y futuro). Fuente elaboración propia en base a Datos del Explorador de Amenazas de ARClim.

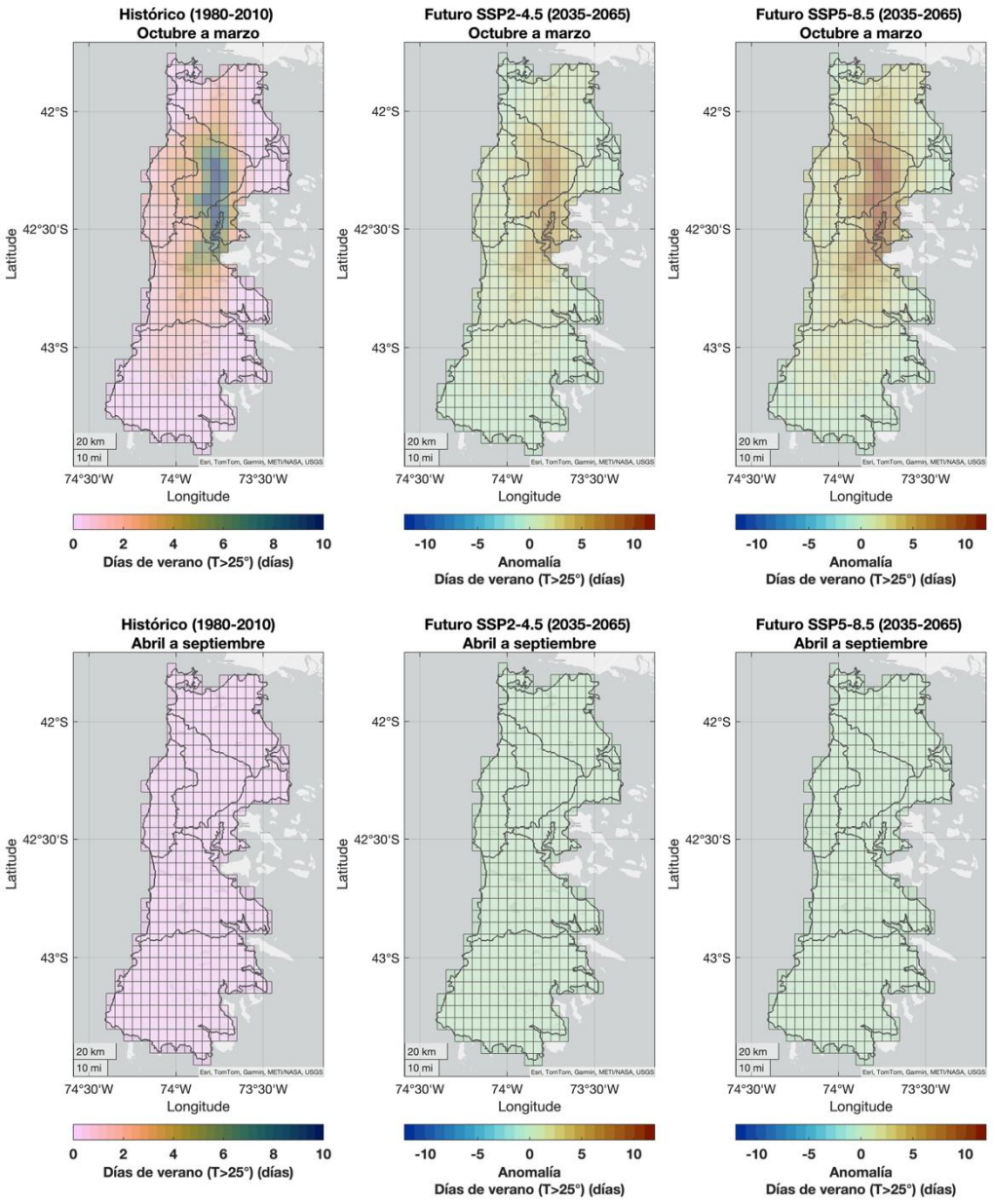


Figura 28. Comparación del cambio en los días de verano (T > 25 °C) según la estación (invierno y verano) y el periodo (actual y futuro). Fuente elaboración propia en base a Datos de ARClim. Fuente: Datos del Explorador de Amenazas de ARClim.

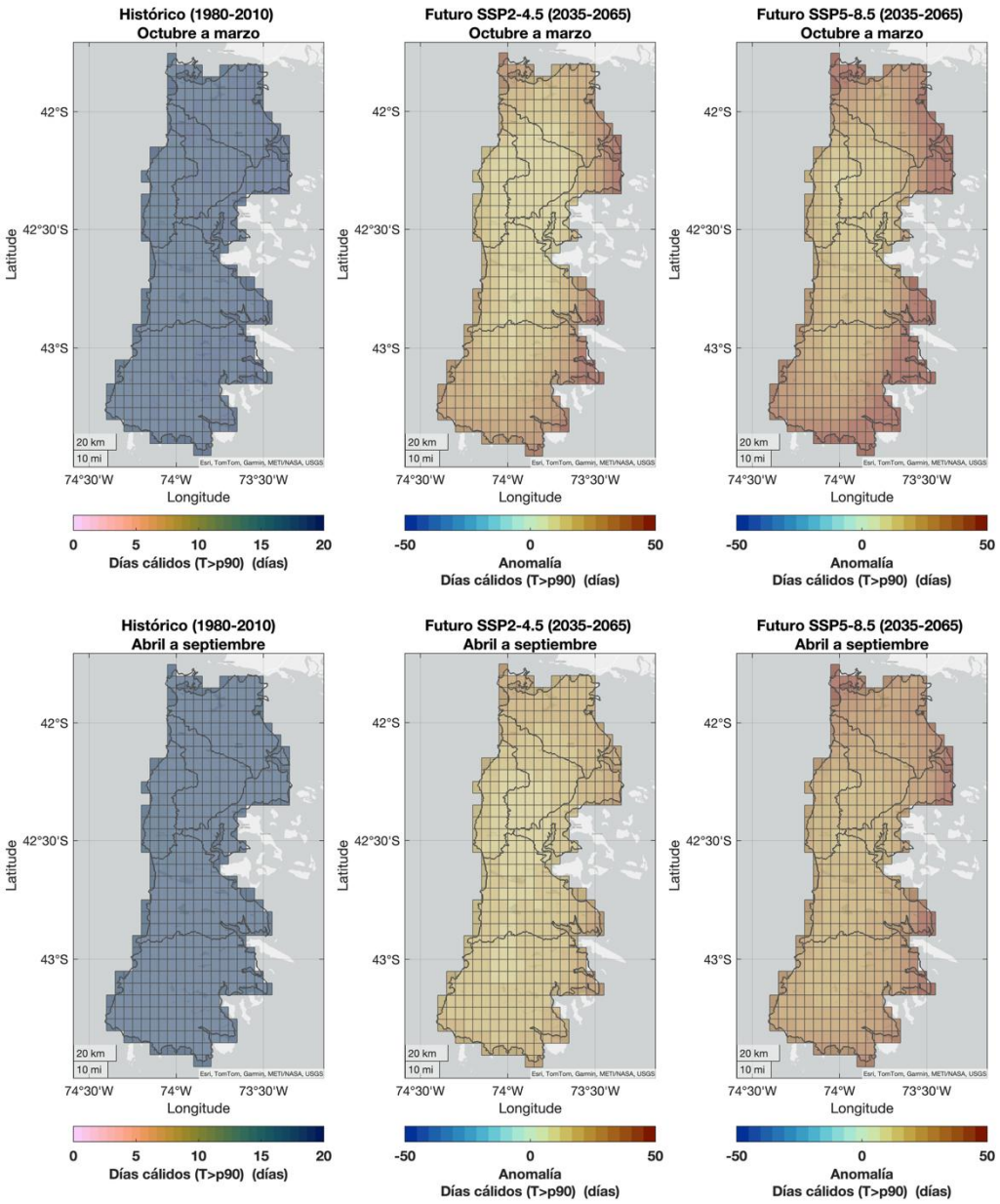


Figura 29. Comparación de cambio en Días Cálidos (T>p90) según estación (invierno y verano) y periodo (actual y futuro). Fuente elaboración propia en base a Datos del Explorador de Amenazas de ARClim.

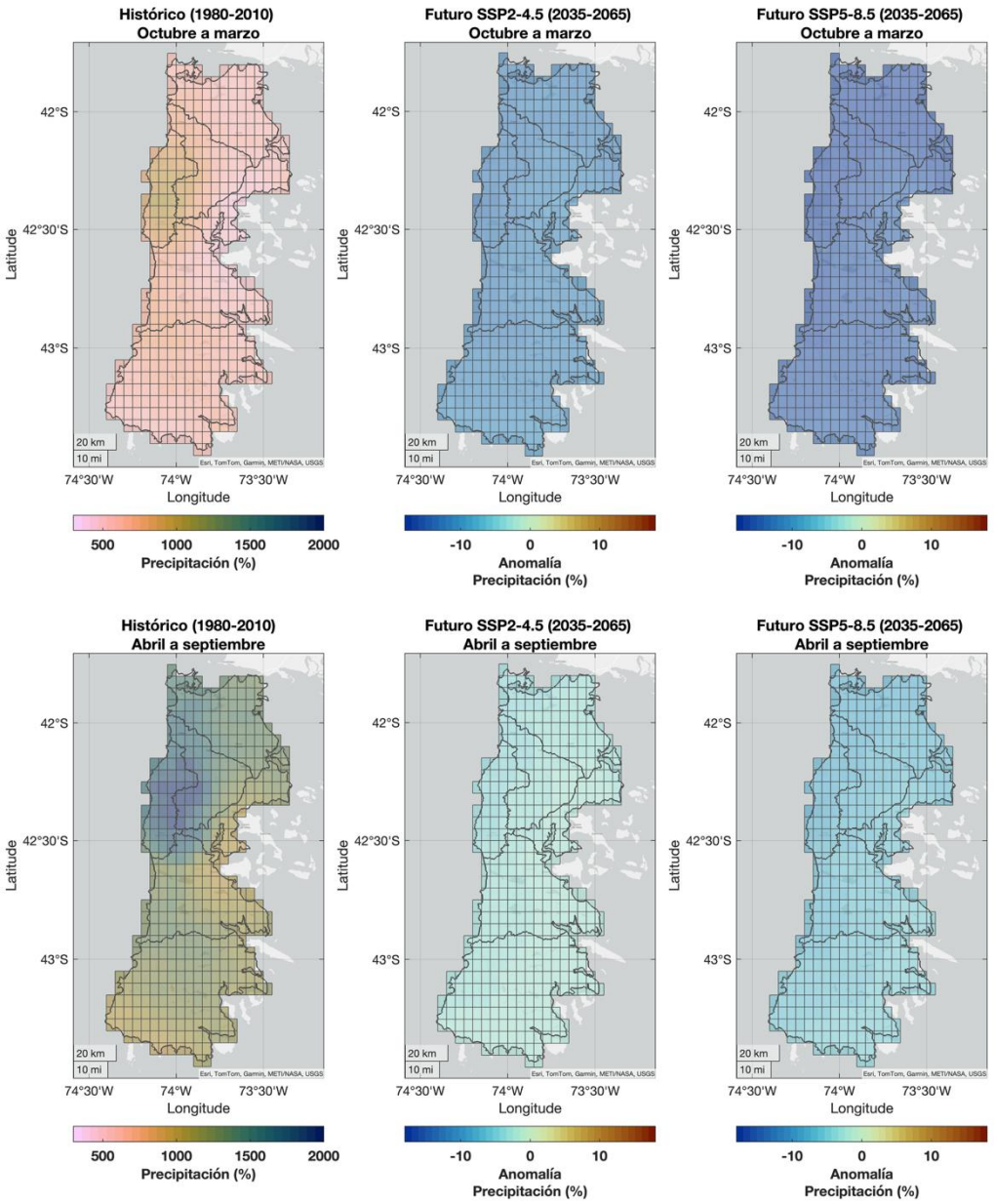


Figura 30. Comparación de la precipitación acumulada según la estación (invierno y verano) y el periodo (actual y futuro). Fuente elaboración propia en base a Datos del Explorador de Amenazas de ARClim.

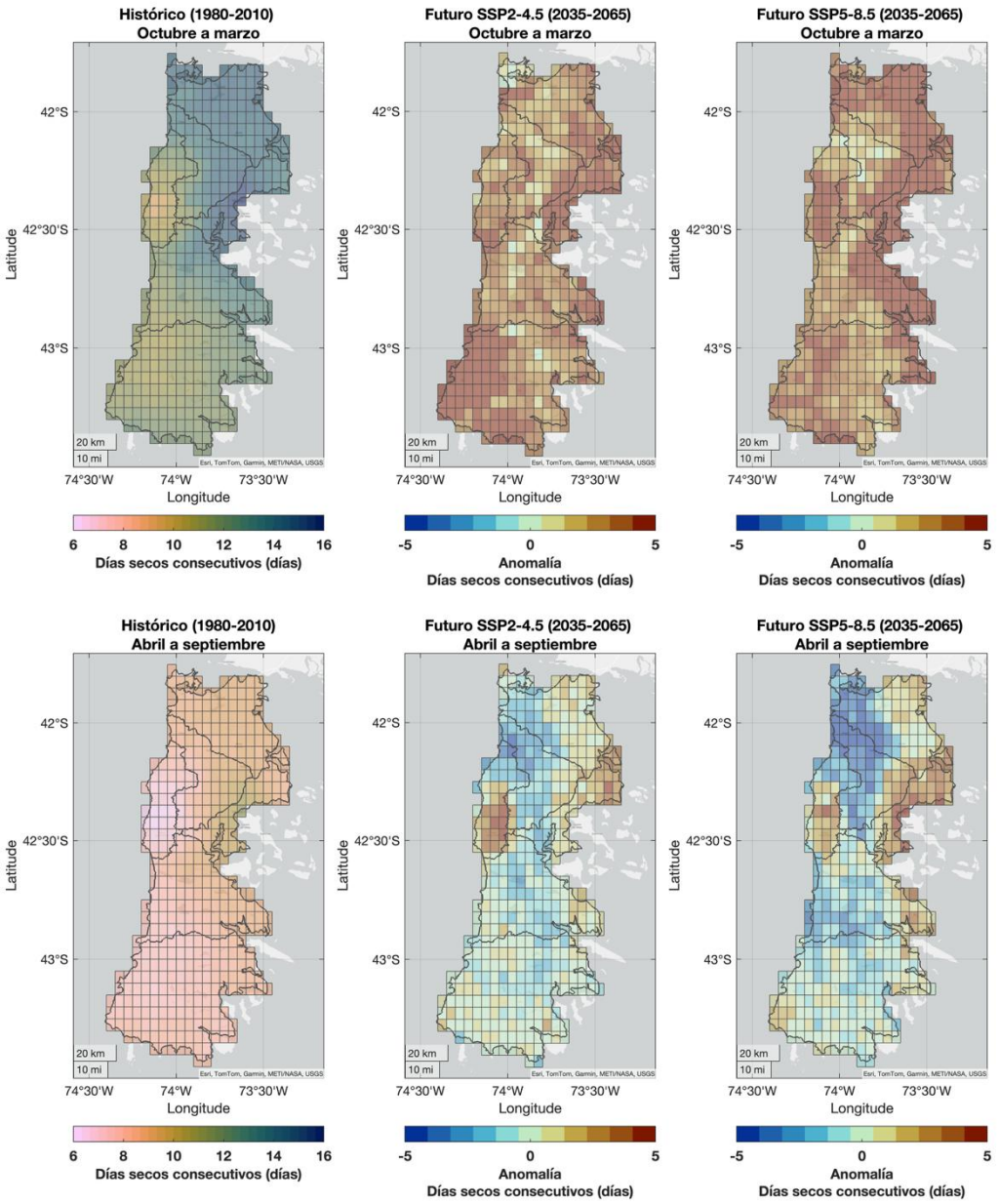


Figura 31. Comparación del cambio en días secos consecutivos según la estación (invierno y verano) y el periodo (actual y futuro). Fuente elaboración propia en base a Datos del Explorador de Amenazas de ARClim.

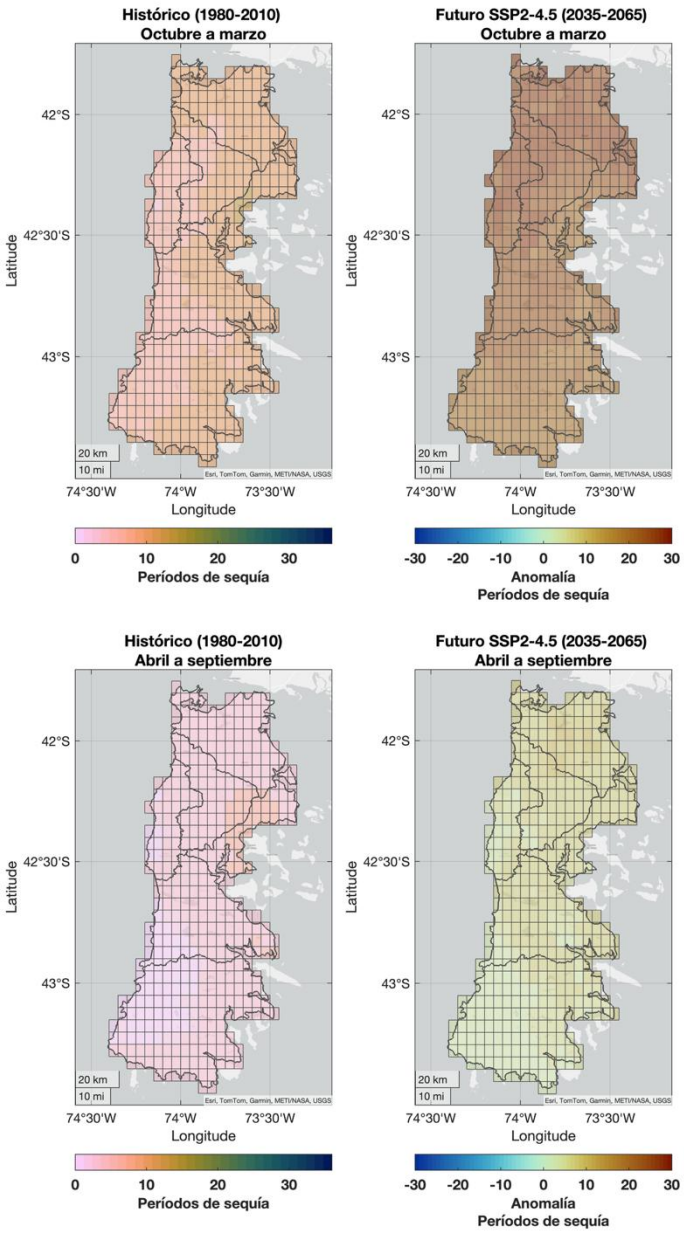


Figura 32. Comparación del cambio en la frecuencia de periodos de sequía (porcentaje respecto del periodo base 1980-2019) según estación (invierno y verano) y periodo (actual y futuro). Fuente elaboración propia en base a Datos del Explorador de Amenazas de ARClim.

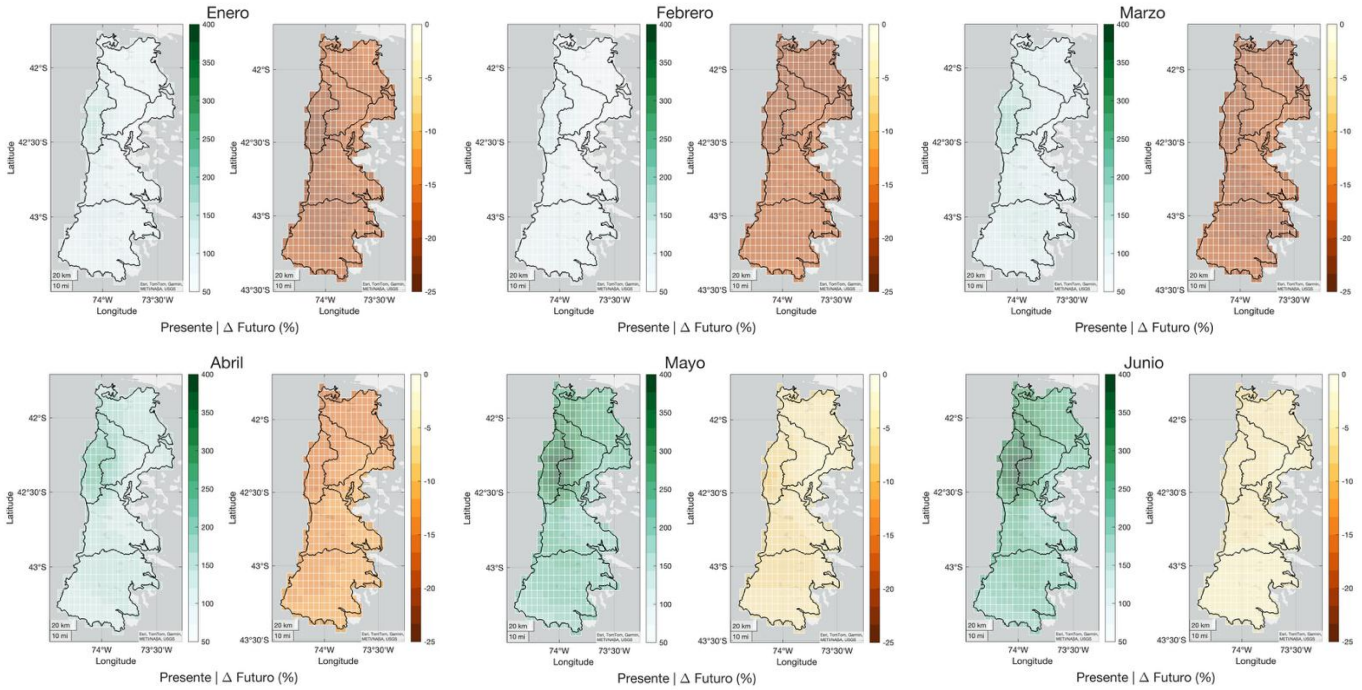


Figura 33. Comparación de cambio en el SPI-12 (Índice de Precipitación Estandarizado para 12 meses) según estación (invierno y verano) y periodo (actual y futuro). Fuente elaboración propia en base a Datos del Explorador de Amenazas de ARClim.

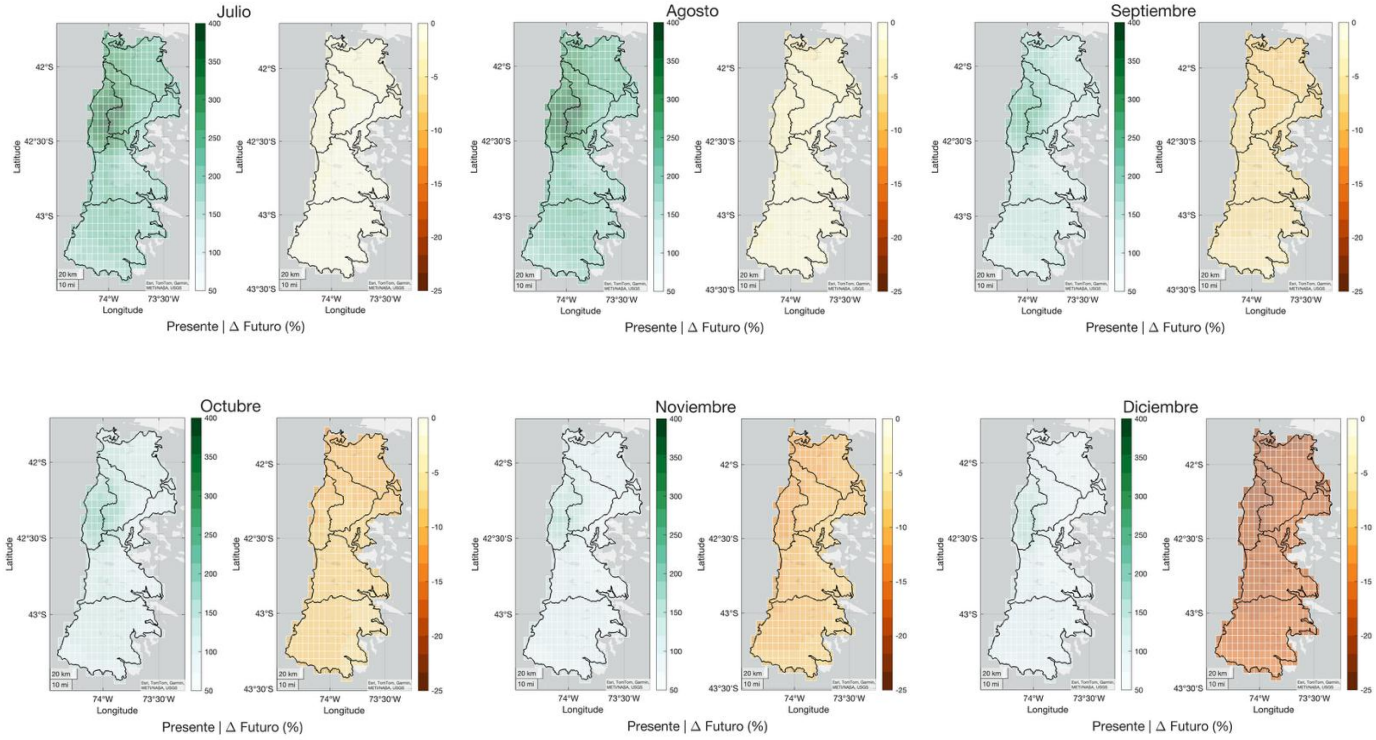


Figura 34. Comparación del cambio en la precipitación mensual por periodo (actual y futuro). Fuente elaboración propia en base a Datos del Explorador de Amenazas de ARClim.

La Figura 35 muestra el cambio en la estacionalidad de la condición de futuro cercano. Para la mayoría de los SHAC se observa un cambio hacia una condición "estacional" desde una condición "estacional y temporada seca corta". Este cambio, entonces, se refiere a un alargamiento de la temporada con menor precipitación. Estos resultados son consistentes con la disminución diferencial de la precipitación estacional, es decir, la disminución de la precipitación estival es cercana al doble de la de la precipitación invernal.

La Figura 36 consolida las condiciones de amenaza climática considerando los umbrales presentados en la Tabla 3. Los umbrales se ajustaron a otros trabajos publicados, como ARCLim y Valenzuela et al. (2024), que señalan que la amenaza climática es, en general, moderada y homogénea en el sitio de estudio. La amenaza combinada sigue una regla conservadora, pues se asume que los cuatro indicadores tienen el mismo peso y que la amenaza continúa en la clase "moderada" aun cuando hasta dos indicadores sean "bajos", como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 3. Umbralización de las amenazas climáticas para la Isla de Chiloé.

Indicador	Umbral	Referencia
Aumento de la frecuencia de sequía	Bajo 0-10 % Moderado 10-30 % Alto mayor a 30 %	Cadena de riesgo de seguridad hídrica en zonas rurales que indica una amenaza leve a moderada para la zona de estudio. Un aumento mayor a 30% implica una diferencia significativa en términos de promedios climatológicos
Anomalía de SPI	Bajo |cambio SPI|<1 Moderado 1<=|cambio SPI|<1.5 Alta 1<=|cambio SPI|<1.5 Alto 1.5 <|cambio SPI|	Una diferencia superior a 1 implica que la magnitud del déficit está fuera de la condición normal.
Disminución de precipitación de verano	Bajo cambio <10 % 10 % <Moderado < 30 % Alto cambio >30 %	Los valores de disminución son uniformes en la zona de estudio. Otras cadenas de riesgo de ARCLIM muestran una amenaza baja o leve, respecto de valores anuales. No obstante, la disminución de la precipitación es mayor en el semestre octubre-marzo
Cambio en Índice de estacionalidad	Baja, si cambio en el indicador no implica un cambio de clase	El cambio en el indicador implica un cambio de clase a condiciones de estacionalidad con una temporada seca más extendida

	Moderada, si el cambio implica la clasificación en la clase siguiente Alta, si el cambio implica la clasificación en 2clases siguiente	

Tabla 4. Amenaza climática combinada en la Isla Grande de Chiloé.

SHAC	Aumento de la frecuencia de sequía	Anomalía de SPI	Disminución de precipitación de verano	Cambio en Índice de estacionalidad	Amenaza combinada
Ancud	Moderada	Moderada	Moderada	Baja	Moderada
Piuchén	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada
Chepu	Moderada	Baja	Moderada	Moderada	Moderada
Castro	Moderada	Baja	Moderada	Moderada	Moderada
Huillinco	Baja	Baja	Moderada	Moderada	Moderada
Quellón	Baja	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada

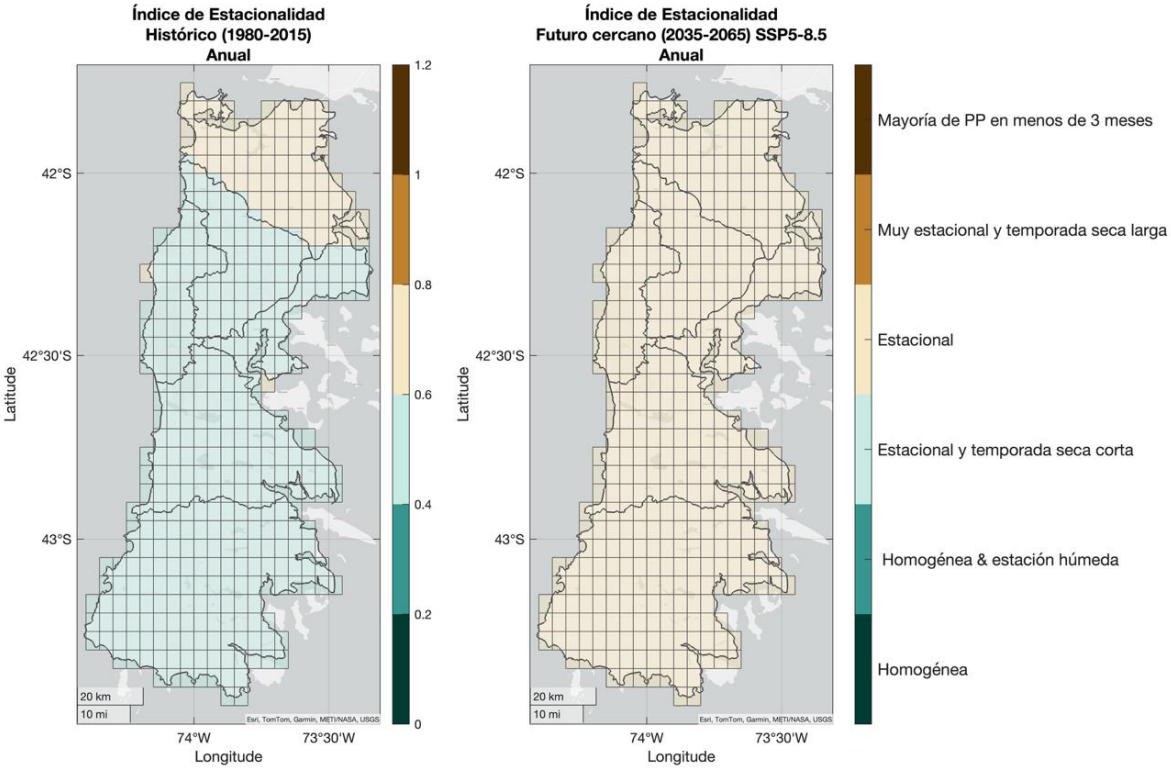


Figura 35. Comparación del cambio en la precipitación mensual del trimestre julio-septiembre para el periodo (actual y futuro). Fuente elaboración propia en base a Datos del Explorador de Amenazas de ARClim.

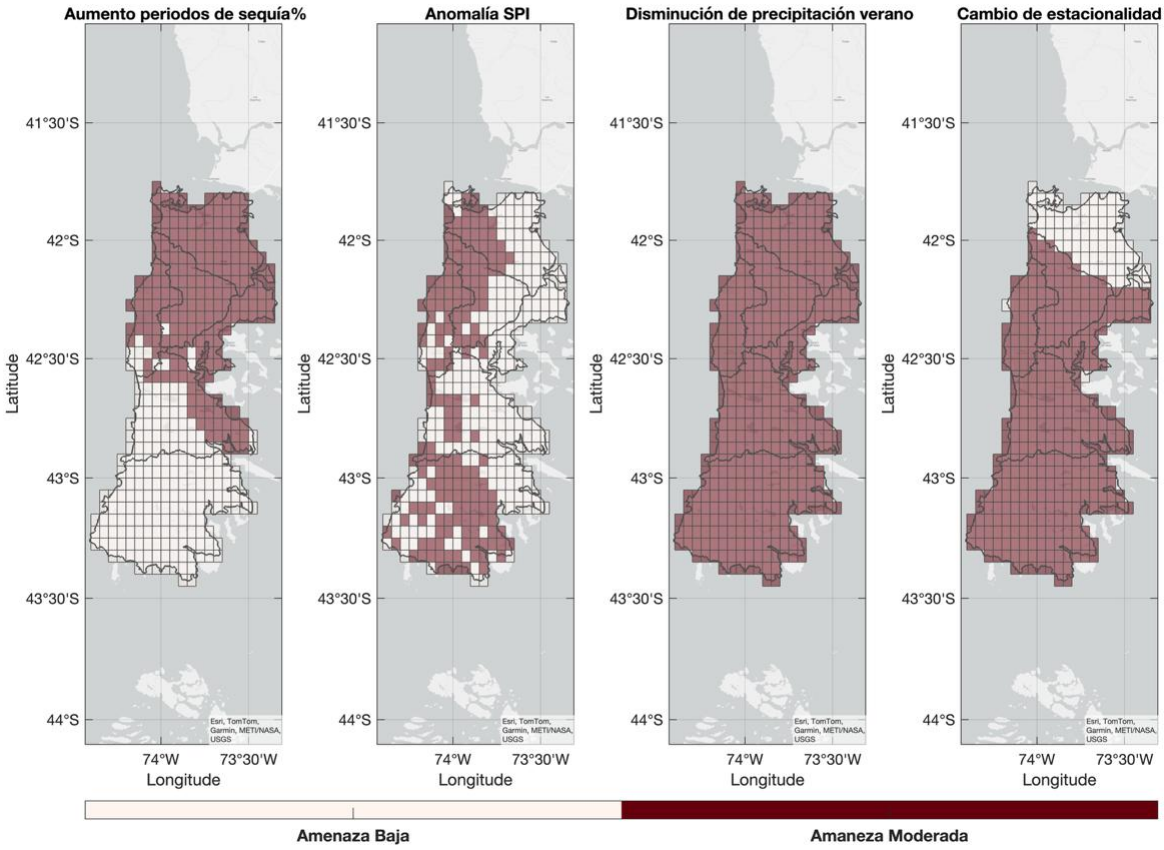


Figura 36. Comparación del cambio en la precipitación mensual del trimestre julio-septiembre para el periodo actual y futuro. Fuente elaboración propia en base a Datos del Explorador de Amenazas de ARClim.

EN SÍNTESIS:

Los análisis técnicos confirmaron las observaciones y percepciones de las directivas de SSR: las precipitaciones están disminuyendo, las temporadas secas son más prolongadas y los veranos e inviernos son más cálidos.

Esta coincidencia entre datos científicos y percepción local refuerza tanto la evidencia climática como el conocimiento comunitario y valida la urgencia de las medidas de adaptación propuestas.

El análisis de la condición histórica evidencia una disminución de la precipitación y, en consecuencia, de la escorrentía superficial y la recarga, junto con un aumento en la demanda de agua potable. Las series históricas muestran, además, un cambio en la estacionalidad de

las precipitaciones —es decir, en la distribución mensual del agua caída—, con veranos más secos y prolongados que coinciden con los periodos de mayor demanda. Esta coincidencia estacional entre la menor disponibilidad hídrica y el aumento de la demanda configura una situación de escasez, también identificada en el trabajo de campo.

Por otra parte, los indicadores de cambio climático evidencian transformaciones significativas en las condiciones de la Isla Grande al comparar el periodo base (1980-2010) con el escenario de futuro cercano (2035-2065). Se observa una disminución de las precipitaciones acumuladas, un aumento de la temperatura media y un régimen térmico caracterizado por veranos e inviernos más cálidos. Asimismo, se proyecta un incremento en la frecuencia de sequías (como lo indican los índices Frecuencia de Sequía y SPI) y una prolongación de las temporadas secas. En conjunto, el escenario futuro refuerza las tendencias históricas, por lo que se anticipa un aumento de la condición y percepción de escasez, en especial en los meses de primavera y verano.

Respecto de la amenaza climática futura, no se observan diferencias espaciales significativas. No obstante, la homogeneidad espacial de la amenaza no implica que el riesgo se minimice ni que la amenaza sea menos atendible.

Por ello, la disminución de la disponibilidad de agua, debido a la disminución de las precipitaciones y al cambio en la estacionalidad, se traduce en una amenaza climática moderada en toda la Isla Grande, por lo que las condiciones de vulnerabilidad y exposición determinarán los niveles de riesgo de cada SSR.

Em términos del análisis histórico, el análisis de datos de CR2MET reveló tendencias climáticas significativas en la Isla Grande de Chiloé. En términos de precipitación, se observó una disminución de 20-30 mm/año desde 2010, especialmente notoria en la zona noroeste de la isla. Esta tendencia decreciente es estadísticamente significativa en verano e invierno según la prueba de Mann-Kendall. Además, se detectó un cambio en el régimen de estacionalidad, pasando de un patrón de precipitación durante todo el año, con una temporada más húmeda, a un régimen estacional con una temporada seca corta, particularmente evidente a partir del año 2010.

En cuanto a la temperatura, se registró un aumento progresivo de las temperaturas medias y un incremento en la frecuencia de los días cálidos, señales coherentes con las tendencias de cambio climático observadas en la región.

En cuanto a las proyecciones futuras. se analizaron 6 modelos climáticos globales (BCC-CSM2-MR, CMCC-CM2-SR5, GFDL-ESM4, INM-CM4-8, INM-CM5 y MRI-ESM2) bajo los escenarios SSP2-4.5 y SSP8.5, los cuales proyectan amenazas climáticas consistentes para la Isla Grande de Chiloé. Entre las principales proyecciones se encuentra una reducción de la precipitación anual de entre 5 y 15% según el escenario considerado, acompañada de una mayor estacionalidad, con inviernos más secos y veranos más largos y cálidos.

Se proyecta un aumento de la temperatura media de +1,5 °C a +2,5 °C, con mayor frecuencia de sequías e intensificación de los períodos de déficit hídrico. Paralelamente, se espera un incremento de eventos extremos, tanto de sequías prolongadas como de precipitaciones intensas concentradas en períodos cortos, lo que plantea desafíos tanto para la disponibilidad continua del recurso como para la infraestructura de captación y distribución.

En cuanto al balance hidrológico, el análisis del estudio DGA (2022) proyecta una disminución de la recarga de acuíferos debido a menor infiltración por reducción de precipitaciones, lo que provocará la profundización del nivel freático y afectará pozos superficiales. Los caudales superficiales experimentarán una reducción especialmente crítica en verano, mientras que en humedales y turberas disminuirán los caudales entrantes, afectando servicios ecosistémicos críticos para la regulación hídrica.

Las implicancias para los SSR son directas y requieren respuesta inmediata: habrá mayor dependencia de fuentes subterráneas profundas, aumentará la necesidad de capacidad de almacenamiento para el período estival y se vuelve urgente la protección de ecosistemas reguladores del ciclo hídrico como bosques nativos, humedales y turberas.

3.1.5 ANÁLISIS PROSPECTIVO DEL TERRITORIO EN LA ISLA GRANDE DE CHILOÉ.

La realidad actual de los sistemas de agua potable rural de la Isla Grande de Chiloé evidencia importantes desafíos en materia de infraestructura, administración y gestión del recurso hídrico, así como de adaptación al cambio climático que afecta a los territorios en los que operan.

Como parte de la comprensión de estos desafíos, es relevante evidenciar aquellos fenómenos que han tenido incidencia en las dinámicas demográficas en cuanto al aumento de población y su distribución en la Isla; ya que la localización, concentración o dispersión de la población y sus actividades económicas es un factor determinante de las demandas hídricas.

Para analizar estas dinámicas se plantea una metodología que sintetiza los principales cambios de la Isla Grande de Chiloé en materia de desarrollo territorial en los últimos 10 años, a partir de las siguientes fuentes:

1. La comparación de las áreas edificadas entre 2017 y 2024, utilizando las imágenes del visor de Esri Sentinel-2 Land Cover Explorer, junto con los datos del CENSO 2024, y su comparación con mediciones anteriores, permite analizar la distribución espacial del aumento de la demanda hídrica como consecuencia del desarrollo demográfico.
2. El listado de los proyectos de inversión pública 2015 – 2025 contenidos en la plataforma pública del Banco Integrado de Proyectos MIDESO.[5] Esta base de datos contiene las iniciativas del Gobierno Regional y de las carteras sectoriales (incluidas Vialidad MOP y Agua Potable Rural) que inciden en las dinámicas de desarrollo territorial de la Isla Grande de Chiloé. Adicionalmente, se incorporaron los principales proyectos de Concesiones MOP.
3. El estado actual de los instrumentos de planificación territorial (IPT), obtenido de la plataforma del MINVU[6], da cuenta del estado de vigencia de los planes reguladores comunales (PRC) y de sus procesos de actualización, en cuanto a las herramientas de ordenamiento territorial con las que cuenta la Isla.

[5] Banco Integrado de Proyectos del Ministerio de Desarrollo Social (https://bip.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/bip2-trabajo/app/login;jsessionid=271BE2DE1B060E200D5DFF99367CEB29), revisada 15-07-2025.
[6] Plataforma de Seguimiento de Instrumentos de Planificación Territorial del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (http://seguimientoipt.minvu.cl/main.php?module=pri)

4. La distribución de los SSR (información entregada por la DOH) y de las captaciones de agua en la Isla (listado DGA), información que se contrasta con los datos demográficos y las actividades económicas en el territorio para identificar posibles zonas críticas por alta demanda hídrica y/o escasez a futuro.

3.1.6 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO.

A lo largo de las últimas tres décadas, la provincia de Chiloé ha experimentado un crecimiento significativo en sus ámbitos económico, productivo y demográfico, lo que ha generado un profundo proceso de transformación en la Isla Grande de Chiloé, que ha permeado las diversas dimensiones que componen su tejido social (Román et al. 2015). En el CENSO del año 2002, el territorio censado correspondiente a las actuales comunas de Ancud, Quemchi, Dalcahue, Quinchao, Curaco de Vélez, Castro, Chonchi, Queilén, Puqueldón y Quellón, contaba con una población de 154.766 habitantes. Los resultados del último CENSO (2024), indican que la población actual de la Provincia de Chiloé es de 176.901 habitantes (14% de variación de la población entre el periodo 2002 y 2024)

Tabla 5. Síntesis comparativa de información censal en base a datos obtenidos de Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y Biblioteca del Congreso Nacional

Comunas	Población Censo 2002	Censo 2017	Censo 2024	%Variación 2017-2024	%Variación 2002-2024	Población Flotante Temporada alta (Casen 2022)
Ancud	39.946	38.991	40.949	5,0%	2,5%	15.247
Quemchi	8.689	8.352	8.409	0,7%	-3,2%	3.617
Castro	39.366	43.807	46.997	7,3%	19,4%	79.770
Chonchi	12.572	14.858	16.078	8,2%	27,9%	5.881
C. de Vélez	3.403	3.829	3.662	-4,4%	7,6%	1.003
Dalcahue	10.693	13.762	14.894	8,2%	39,3%	4.419
Quinchao	8.976	8.088	7.678	-5,1%	-14,5%	1.038
Puqueldón	4.160	3.921	4.084	4,2%	-1,8%	224
Queilén	5.138	5.585	5.690	1,9%	10,7%	203
Quellón	21.823	27.192	28.460	4,7%	30,4%	3.445
Total	154.766	168.385	176.901	5,1%	14,3%	114.846

En cuanto a la caracterización geográfica y productiva de la Isla Grande de Chiloé, se identifican tres macrozonas (Ramírez et al. 2009), de las cuales la primera está conformada

por las comunas de Ancud y Quemchi. La segunda de ellas está en la zona central, compuesta por las comunas de Dalcahue, Castro, Chonchi y Queilén. Finalmente, la tercera macrozona, al sur de la Isla, está formada por la comuna de Quellón

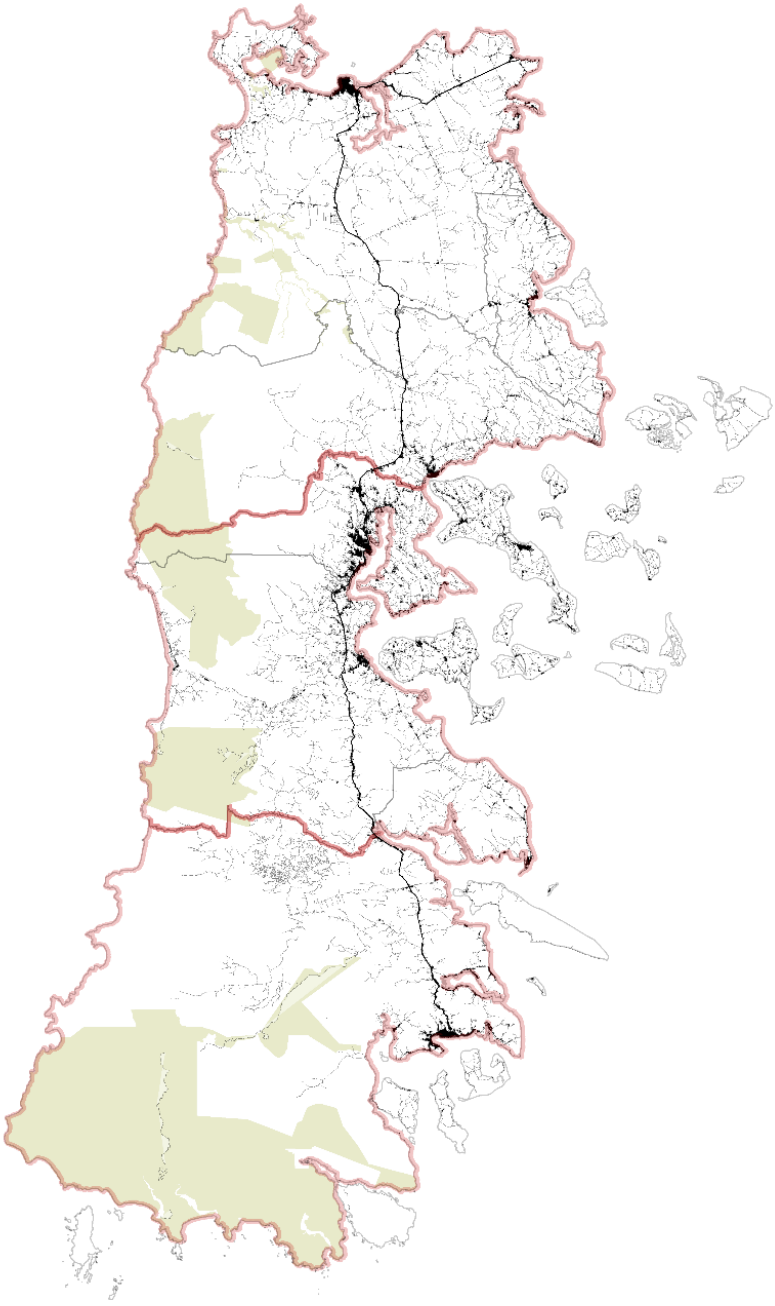


Figura 37. Análisis de la distribución poblacional en torno a los principales centros urbanos y las infraestructuras de transporte de las tres macrozonas. Fuente: Elaboración propia.

De las tres zonas, destaca la zona central como un polo funcional de la Isla Grande de Chiloé, al encontrarse en ella el área urbana de Castro, capital provincial, con más de 46.000 habitantes. La zona tiene una fuerte presencia de la industria acuícola (salmonera) y de la mitilicultura (choritos), además de contar con una buena red de conectividad aérea, terrestre y marítima, equipamientos y acceso a bienes y servicios, lo que la posiciona como un centro neurálgico de la Isla. A la ciudad de Castro se suman las áreas urbanas de Dalcahue y Chonchi, ubicadas en su área de influencia.

La zona norte de la Isla se caracteriza por contar con territorios planos más aptos para la agricultura (ganadería y lechería), siendo esta, junto con la pesca y el turismo, una de las principales actividades económicas de la comuna de Ancud. [7]

En tanto, la zona sur de la Isla exhibe una predominancia de la actividad pesquera y acuícola, industria que se ha expandido recientemente en esta zona y la ha dotado de mayor competitividad. Por esta razón, la ciudad de Quellón ha experimentado un crecimiento poblacional por encima del promedio de las demás ciudades de la Isla Grande (30,4% en el periodo intercensal 2002-2024). Esta comuna es la más grande de la Isla y cuenta con una proporción considerable de áreas naturales protegidas (Figura 38), como el Parque Tantauco, que constituye un área de alto valor ecosistémico. Sus bosques y turberas contribuyen a la regulación del ciclo hidrológico y, como tal, cumplen el rol de "Infraestructura Ecológica Clave" para la resiliencia climática e hídrica. [8]

[7] Plan de Desarrollo Comunal de Ancud, 2019.

[8] Red interconectada de cursos de agua, humedales, bosques, hábitats de vida silvestre y otras áreas naturales; vías verdes, parques y otras Social tierras de conservación y territorios con producción silvoagropecuaria sustentable, que mantienen los procesos ecológicos naturales, conservan los recursos de agua y aire y contribuyen a la salud y calidad de vida de las comunidades y pueblos" (Benedict y McMahon 2002

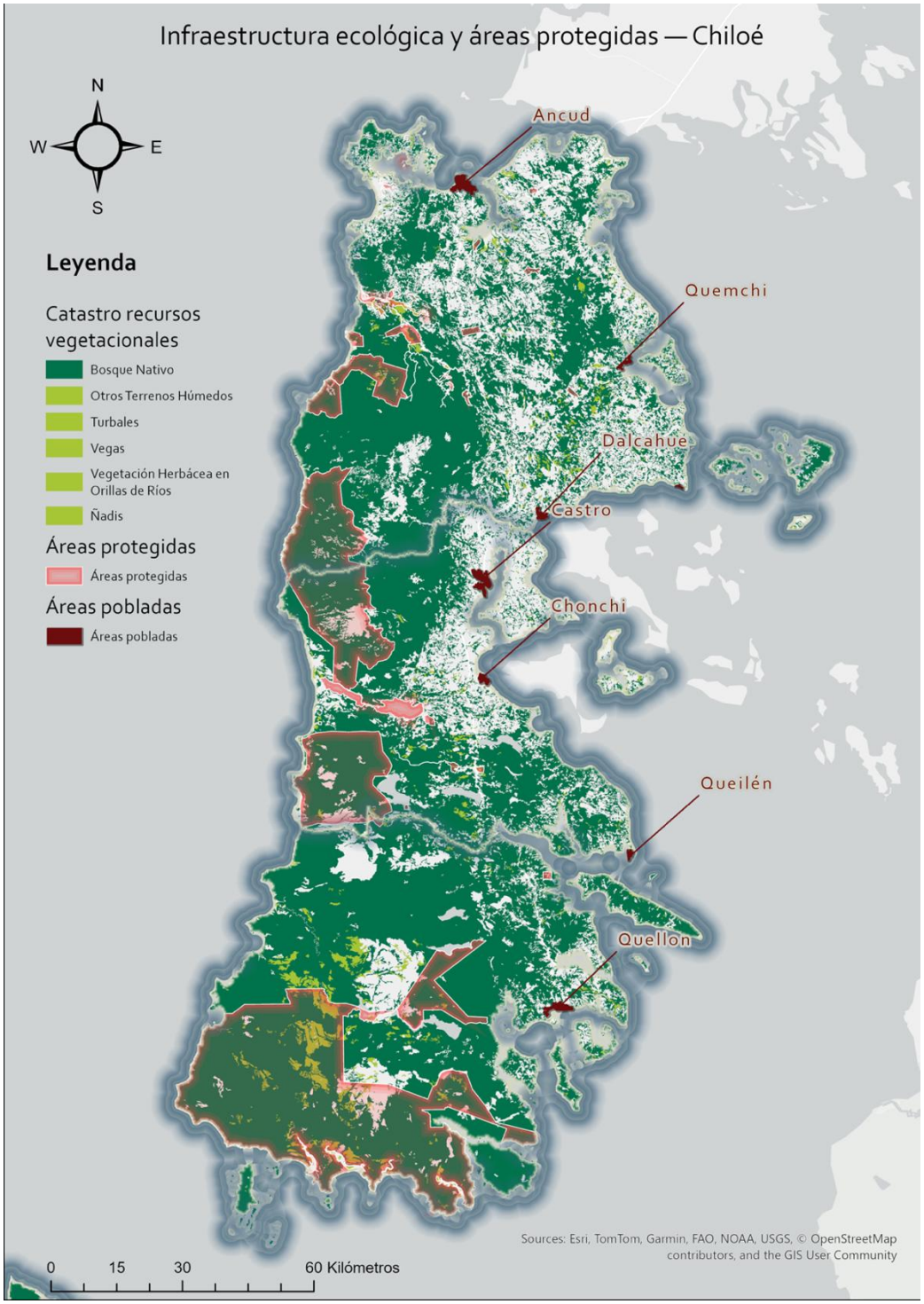


Figura 38. Cobertura de bosques nativos (verde oscuro) y humedales, turberas, ñadis, suelos anegados sensu lato; y el perímetro de las áreas protegidas públicas y privadas en la Isla Grande de Chiloé (destacado en rojo) Fuente: elaboración propia con información del Geoportal del MMA

En resumen, uno de los principales (y más recientes) motores de desarrollo de la Isla Grande de Chiloé gira en torno a la industria asociada a los productos del mar, fundamentalmente el sector acuícola y mitilicultor (en donde Chile se ha posicionado como el segundo exportador mundial de salmón y el primero de trucha y como el primer exportador a nivel mundial de mitílidos), siendo una importante fuente de empleo para la región. El auge de la industria acuícola ha fortalecido la infraestructura de transporte y los sistemas de conectividad, y ha promovido la mejora del acceso a bienes y servicios. Esto ha implicado profundos cambios en cuanto al aumento —y distribución— de la población, así como en el cambio de uso del suelo derivado de la gestión del suelo urbano y rural (Román et al. 2015).

A lo anterior se suma un aumento significativo en la población de la Isla Grande de Chiloé, gatillado por la pandemia de COVID-19, en la que muchas personas vieron la oportunidad de desplazarse a regiones bajo la lógica del teletrabajo. "*Según el estudio del Instituto de Data Science (IDS) de la Universidad del Desarrollo, realizado en conjunto con Telefónica y Cisco en 2021, el 4,7% de los habitantes de la Región Metropolitana, equivalente a 334 mil personas, se fue a vivir a otras regiones durante la pandemia.*

> *"El sur del país se convirtió en uno de los destinos más populares, lo que provocó el colapso de la infraestructura vial y de los servicios públicos en ciudades como Puerto Varas, Frutillar y Valdivia, entre otras."* (Allard *et al*. 2022).

Y finalmente, pero no por ello menos importante, la industria del turismo ha experimentado un auge en la Isla y se ha posicionado como eje estratégico para el desarrollo y la puesta en valor de la cultura e identidad chilota (Ramírez *et al*. 2009). Todo lo anterior ha generado una creciente presión sobre los ecosistemas naturales de la Isla, y en particular sobre el recurso hídrico, que se representa en la (Figura 39), a través de la "Huella Impermeable". En dicha figura se compara la superficie clasificada como área construida para los años 2017 y 2024, que integra toda huella impermeable detectable como vivienda, rutas, equipamiento, explanadas portuarias o productivas.[9] Es una representación del desarrollo de infraestructura más allá del límite urbano estricto. Entre 2017 y 2024, la superficie construida aumentó de ≈ 102 km² a ≈ 190 km², lo que representa un incremento de ≈ 88 km².

[9] Cabe destacar que se puede generar una sobre clasificación en el análisis de áreas edificadas ya que en una resolución de 10 m basta una fracción reflectante dentro del píxel para que éste se asigne íntegramente a la clase "Built Area". No obstante, creemos que es un buen proxy para dar cuenta de la tendencia del desarrollo territorial en la Isla Grande de Chiloé.

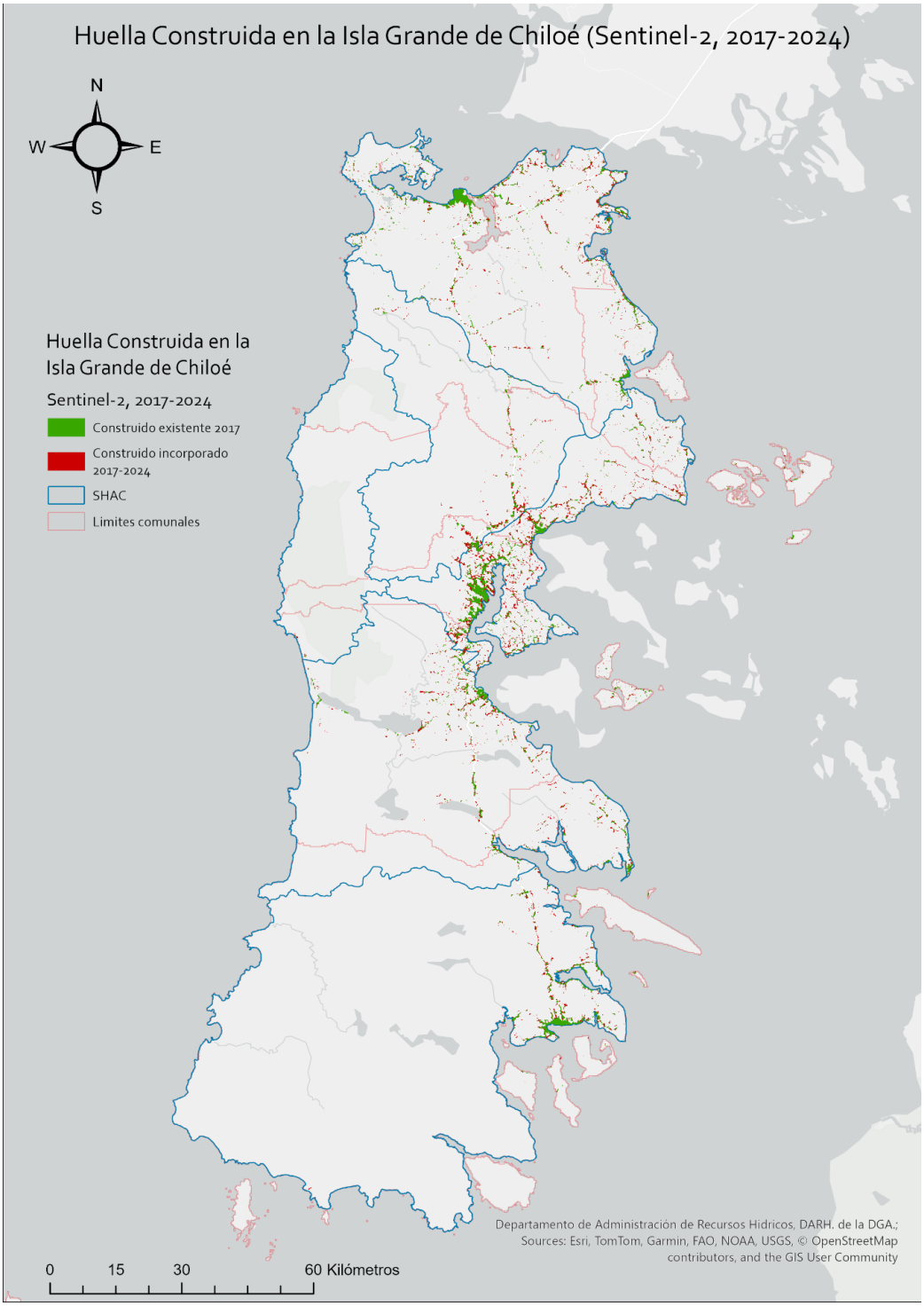


Figura 39. "Huella Impermeable" construida en la Isla Grande de Chiloé Fuente elaboración propia en base a Sentinel-2 2017-2024)

Al analizar en detalle las imágenes satelitales Sentinel-2 clasificadas en nueve categorías de cobertura del uso del suelo, con resolución de 10 m (2017-2024), es posible reconocer "patrones de localización" de esta huella impermeable, que se repiten en las tres zonas antes descritas. Las nuevas áreas edificadas se localizan principalmente:

- En torno a las localidades preexistentes, como un patrón de expansión desde las áreas urbanas hacia la periferia rural.
- En torno a las vialidades estructurantes, destacando la ruta 5 en el tramo Chacao-Castro, la ruta costera entre Chacao y Quemchi (W-135 y W-15) y las rutas que se desprenden de ambas.
- A lo largo de las zonas costeras, principalmente de la costa protegida del este de la Isla, hacia los golfos de Ancud y del Corcovado.

Ciertamente, la Isla enfrenta desafíos significativos para lograr un desarrollo económico integral —y diverso— que dialogue con los atributos naturales, medioambientales y culturales que presenta. Para ello, se han realizado múltiples esfuerzos en materia de programas de inversión pública (Barton *et al*., 2013). No obstante, y de manera similar a lo que sucede en la mayoría de las regiones y provincias de Chile, se requiere de instrumentos de gestión y planificación que permitan integrar de mejor manera las iniciativas de inversión de distintos sectores en función de planes integrales de desarrollo territorial (CNDU, 2018), que consideren tanto las zonas urbanas y rurales, así como los beneficios ecosistémicos de los sistemas naturales (áreas terrestres y marítimas), como atributos indispensables de cara a la gestión del recurso hídrico en la Isla Grande de Chiloé.

3.1.7 INVERSIÓN PÚBLICA.

A partir del análisis de la distribución poblacional de la sección anterior, se observa que los patrones de localización están directamente vinculados a las infraestructuras viales, a la expansión de las zonas urbanas y a los atributos escénicos elegidos para las segundas viviendas.

Al sumar el análisis de las inversiones públicas en la Isla, se puede ver que los principales proyectos son precisamente aquellos que actúan como atributos de localización, como la vialidad y los servicios urbanos. Ciertas inversiones son especialmente relevantes por su escala e impacto: el nuevo puente Chacao, que unirá la Isla con el continente; la concesión de la Ruta 5, que generará mejor conectividad a lo largo de la Isla; y la propuesta de un nuevo Terminal de Cruceros, que generará un nuevo nodo

de servicios turísticos al poniente de Ancud. A su vez, el futuro Bypass de Castro habilitará nuevos territorios para la localización de viviendas en la zona que rodea la ciudad, y a pesar de que no se ha terminado, ya ha aumentado la plusvalía de los terrenos en la zona de Castro y hacia el sur, incluyendo Chonchi. A continuación, se realizará un análisis detallado por macrozona, que enumerará los sectores de inversión por comuna.

Desde una perspectiva de macrozonas, en la Macrozona Norte las principales inversiones se están realizando en la comuna de Ancud, con el puente Chacao y el mejoramiento de la ruta 5, ambos concesionados, lo que los destaca como los mayores proyectos de inversión en la Isla. Estos proyectos de conectividad vial sitúan a la ciudad de Ancud y su entorno dentro del radio de influencia directa del área metropolitana de Puerto Montt – Puerto Varas. Como inversiones públicas en la comuna, siguen en relevancia el mejoramiento del Borde Costero de Ancud, el Juzgado de Familia y Letras y un conjunto de proyectos de agua potable para zonas tanto urbanas como rurales. Para Quemchi se proyecta el mejoramiento del borde costero y la reposición del centro de salud.

En la Macrozona Central, los proyectos de mayor envergadura son el mejoramiento de la ruta 5 y el Bypass de Castro. En esta comuna destacan, además, la construcción de la cancha y la pista atléticas de Cancha Rayada y el mejoramiento de establecimientos educacionales rurales y urbanos. En Chonchi, los proyectos más relevantes han sido el mejoramiento de la infraestructura de salud y educativa, así como el mejoramiento del borde costero; en Queilén, la normalización del Hospital y el mejoramiento del borde costero; y, para Dalcahue, se planifica la reposición del CESFAM. Tanto la ruta 5 como el Bypass generarán conectividad en el entorno de Castro y Chonchi, en sectores rurales, lo que prevé una expansión urbana en una zona que ya ha crecido de forma acelerada y sin herramientas de planificación adecuadas, por estar fuera de la definición de zonas urbanas en el PRC.

Finalmente, en la Macrozona Sur de la Isla, el principal proyecto de inversión es la normalización del hospital de Quellón, seguido por el mejoramiento del puerto pesquero, del borde costero de la ciudad y de su mercado. Estas inversiones refuerzan los servicios básicos de la ciudad más aislada y con mayor crecimiento en la última década de la Isla Grande de Chiloé. El desarrollo de la infraestructura asociada a su principal actividad, la pesca y la acuicultura, busca promover la integración urbana de las actividades económicas vinculadas al mar mediante proyectos de espacio público costero que valoricen el borde marino más allá de sus funciones productivas (Braton et al. 2013).

En síntesis, en las áreas urbanas predomina la inversión en proyectos de servicios básicos, como salud, justicia, deportes y educación, así como en obras de mejoramiento del espacio público, como bordes costeros y entornos viales. En áreas rurales, las inversiones gravitan en torno a mejoramientos viales, educación y una gran cantidad de proyectos de agua potable rural.

Tabla 6. Número de proyectos de infraestructura por comuna (descontadas las comunas Islas; Puqueldón, Curaco de Vélez y Quinchao). Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del SIN 2015-2025

NÚMERO DE INICIATIVAS	LOCALIDAD							
SECTOR	ANCUD	CASTRO	CHONCHI	DALCAHUE	QUEILEN	QUELLÓN	QUEMCHI	TOTAL SECTOR
DEPORTES	1	2	1	1	1	1	3	10
EDUCACIÓN, CULTURA Y PATRIMONIO	4	5	2	3	2	4	4	24
ENERGIA	5		2	1	5	2	5	20
JUSTICIA	3	1						4
MULTISECTORIAL	1	1	2	1		1		6
PESCA						1		1
RECURSOS HIDRICOS	17	3	12	5	4	2	2	45
SALUD	4	3	2	3	3	4	4	23
SEGURIDAD PUBLICA	1	1	1	1	1			5
TRANSPORTE	10	8	2	3	2	8	2	35
TURISMO Y COMERCIO		1						1
VIVIENDA Y DESARROLLO URBANO	4	1	2	1	1	4	1	14
TOTAL COMUNA	50	26	26	19	19	27	21	188

Tabla 7. Monto de los proyectos de inversión por sector y por comuna. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del SIN 2015-2025.

NÚMERO DE INICIATIVAS	LOCALIDAD							
SECTOR	ANCUD	CASTRO	CHONCHI	DALCAHUE	QUEILEN	QUELLÓN	QUEMCHI	TOTAL SECTOR
DEPORTES	246.002	5.829.402	1.736.861	832.282	3.073.923	310.919	3.448.371	15.477.760
EDUCACIÓN, CULTURA Y PATRIMONIO	4.458.235	20.761.534	6.425.331	2.764.783	1.878.378	10.445.553	2.637.949	49.371.763
ENERGIA	707.326		2.777.886	199.699	650.489	142.945	283.923	4.762.268
JUSTICIA	6.713.202	3.253.841						9.967.043
MULTISECTORIAL	372.973	493.194	363.108	4.853.645		1.010.494		7.093.414
PESCA						17.752.247		17.752.247
RECURSOS HIDRICOS	14.126.551	1.976.960	10.403.590	7.691.646	3.160.618	3.584.045	1.503.455	42.446.865
SALUD	4.231.790	2.820.164	6.796.677	11.880.569	36.726.510	96.668.641	4.130.073	163.254.424
SEGURIDAD PUBLICA	1.475.351	596.898	1.332.711	653.640	683.340			4.741.940
TRANSPORTE	919.241.444	210.062.962	141.900.134	138.930.115	16.437.602	16.532.614	1.213.299	1.444.318.170
TURISMO Y COMERCIO		4.227.063						4.227.063
VIVIENDA Y DESARROLLO URBANO	13.682.885	608.338	4.474.685	5.469.219	11.042.375	8.185.415	4.513.667	47.976.584
TOTAL COMUNA	965.255.759	250.630.356	176.210.983	173.275.598	73.653.235	154.632.873	17.730.737	1.811.389.541

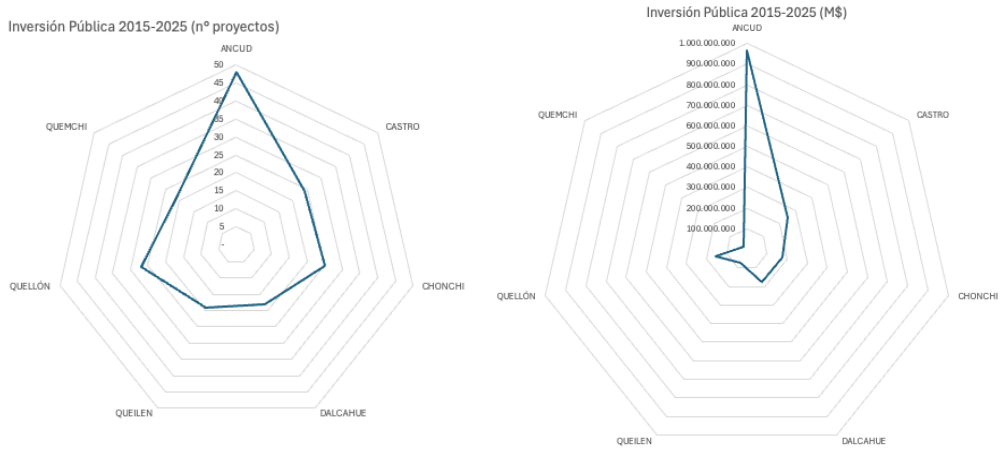


Figura 40. Representación gráfica del número de proyectos por comuna y del monto de inversión por comuna. Fuente: Elaboración propia en base a data del SNI

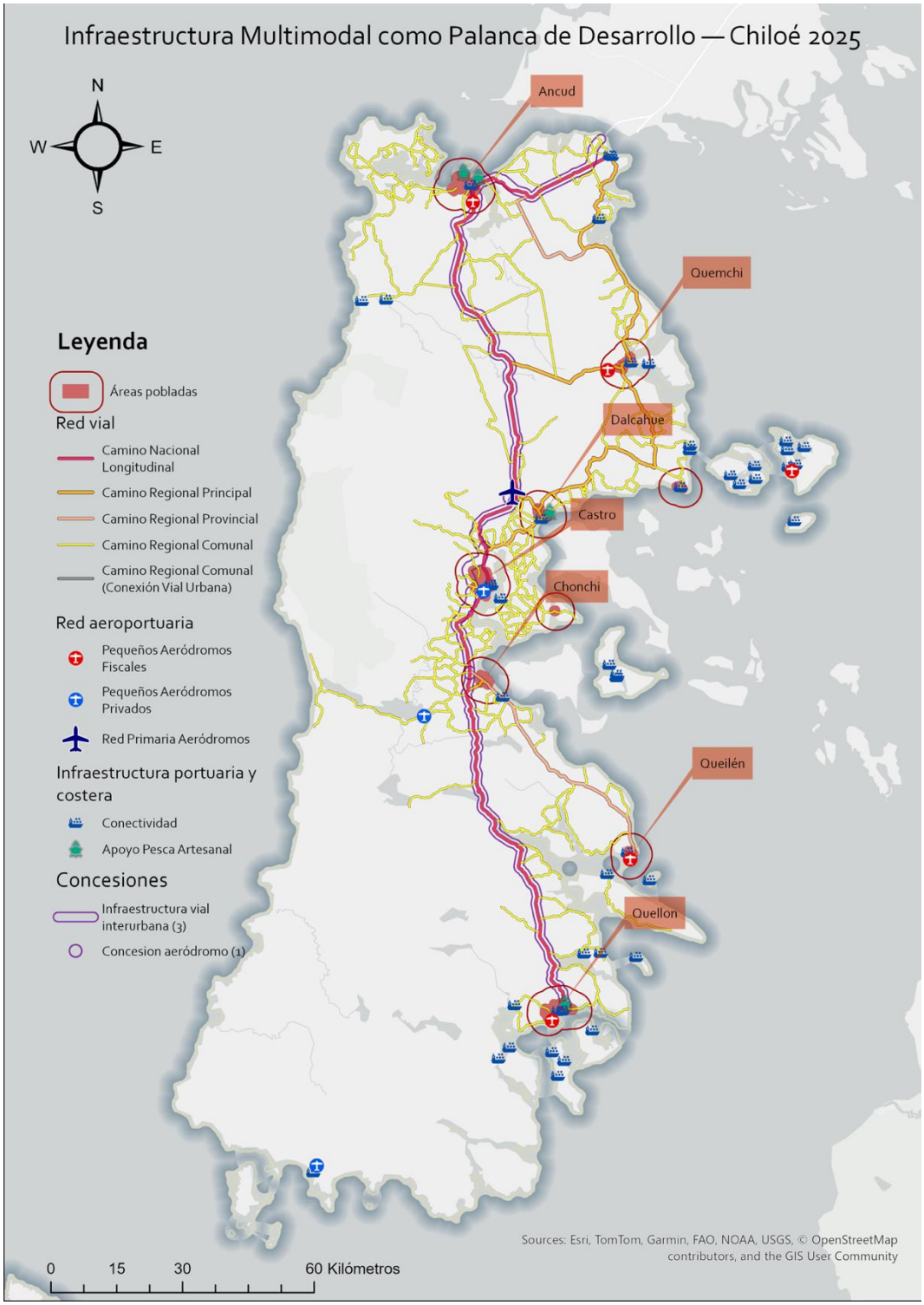


Figura 41. Esquema cartográfico que muestra las inversiones proyectadas para la Isla Grande de Chiloé. Fuente: elaboración propia

Los datos muestran (Figura 41) cómo la construcción de infraestructuras y servicios se ha ido desplegando en el territorio, evidenciando un claro predominio de iniciativas de inversión vial y de transportes, con los mayores montos de inversión canalizados a través del sistema de concesiones. Tal como está sucediendo con otras localidades a aproximadamente una hora de viaje desde Puerto Montt, como Puerto Octay, Calbuco e incluso Ensenada, que han crecido considerablemente en los últimos años. Se prevé un aumento de la población en la zona norte de Chiloé, específicamente en la comuna de Ancud. La continuidad vial con Puerto Montt que generará el nuevo puente Chacao y el mejoramiento de la ruta 5, incluyendo el Bypass de Castro, "acercará" a Chiloé al continente, cambiando su condición insular por la de un territorio de continuidad vial con el resto del país. Además, los mejoramientos del Aeródromo de Mocopulli[10] (Castro) facilitan la llegada de turistas, tanto internacionales como nacionales, y en particular de la capital de Chile (Santiago), lo que permite prever un aumento de la construcción de segundas viviendas en la Isla en la próxima década.

Respecto de la inversión en el sector de recursos hídricos, el análisis de los datos de proyectos del Sistema Nacional de Inversiones arroja que, en los últimos 10 años, 49 SSR de la Isla Grande de Chiloé han ejecutado proyectos con fondos públicos: 70% con montos de hasta 1.000 millones de pesos y 30% con montos mayores, entre 1.000 y 2.345 millones de pesos (Tabla 9). De estos, 42 corresponden a la construcción o instalación del SSR, mientras que sólo siete son de mejoramiento o ampliación (Tabla 8), lo que evidencia la reciente consolidación de estos sistemas y el bajo nivel de ejecución de proyectos que permitan resolver los problemas que los sistemas sanitarios van presentando con el tiempo.

En la Isla Grande de Chiloé, la mayor parte de los proyectos se han realizado en las comunas de Ancud, Chonchi y Dalcahue, mientras que las comunas de Castro, Queilén, Quellón y Quemchi han recibido una baja inversión.

Este análisis preliminar de los datos del Sistema Nacional de Inversiones se contrastará con el análisis en terreno del estado actual de los SSR y de los requerimientos de mejora identificados.

[10] Plan Aeropuertos para Chile 2030; Ministerio de Obras Públicas. El programa financiará las obras de ampliación y mejora del Aeródromo Mocopulli, cuyo presupuesto asciende a 273 millones de dólares.

Tabla 8. Proyectos (ejecución) 2015-2025 en el sector de Recursos Hídricos, Isla Grande de Chiloé. Fuente. Elaboración propia en base a data SNI

CÓDIGO BIP	LOCALIDAD	APR	DESCRIPCIÓN	AÑO POSTULACIÓN	FUENTE FINANCIERA	COSTO TOTAL [M$]
40025619	ANCUD	RIO PUDETO - VILLA LOS AROMOS	AMPLIACIÓN RED DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO VILLA LOS AROMOS Y RÍO PUDETO, ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2025-EJECUCIÓN	2025	F.N.D.R.	2.107.918,00
30341232	ANCUD	BAHIA LINAO	AMPLIACIÓN SERV. APR BAHÍA LINAO HACIA HUAPILINAO Y R.NEGRO,ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2021-EJECUCIÓN	2021	F.N.D.R.	162.566,00
40033646	ANCUD	COQUIAO	AMPLIACIÓN SSR DE AGUA POTABLE COQUIAO, COMUNA DE ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2025-EJECUCIÓN	2025	SECTORIAL	2.201.512,00
40017416	ANCUD	CAICUMEO	CONSTRUCCIÓN RED DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO CALLE EL CERRO Y PASAJE 1 CAICUMEO, ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2023-EJECUCIÓN	2023	F.N.D.R.	446.175,00
40009233	ANCUD	ANCUD	CONSTRUCCIÓN DE REDES DE AP Y ALC. DE AGUAS SERVIDAS DIVERSOS SECTORES CIUDAD DE ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2021-EJECUCIÓN	2021	F.N.D.R.	691.447,00
30136332	ANCUD	CALLE	CONSTRUCCIÓN SERVICIO AGUA POTABLE RURAL CALLE, COMUNA DE ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2016-EJECUCIÓN	2016	SECTORIAL	396.568,00
30068150	ANCUD	PILLUCO	CONSTRUCCIÓN SERVICIO AGUA POTABLE RURAL PILLUCO, COMUNA DE ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2016-EJECUCIÓN	2016	SECTORIAL	454.745,00
40000502	ANCUD	HUELDEN	CONSTRUCCIÓN SERVICIO DE AGUA POTABLE RURAL HUELDEN LAMECURA, COMUNA DE ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2019-EJECUCIÓN	2019	SECTORIAL	847.073,00

CÓDIGO BIP	LOCALIDAD	APR	DESCRIPCIÓN	AÑO POSTULACIÓN	FUENTE FINANCIERA	COSTO TOTAL [M$]
30115252	ANCUD	GUAPILACUY	CONSTRUCCIÓN SISTEMA AGUA POTABLE RURAL GUAPILACUY COMUNA DE ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2017-EJECUCIÓN	2017	F.N.D.R.	514.806,00
40000927	ANCUD	HUICHA	CONSTRUCCIÓN SISTEMA AGUA POTABLE RURAL HUICHA, COMUNA DE ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2019-EJECUCIÓN	2019	SECTORIAL	574.279,00
30479686	ANCUD	PUNTA CHILEN	CONSTRUCCIÓN SISTEMA AGUA POTABLE RURAL PUNTA CHILEN, ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2018-EJECUCIÓN	2018	SECTORIAL	496.066,00
40003491	ANCUD	COIPOMO	CONSTRUCCIÓN SISTEMA APR SECTOR COIPOMO, COMUNA DE ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2019-EJECUCIÓN	2019	SECTORIAL	1.081.584,00
30445472	ANCUD	COQUIAO	CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE RURAL COQUIAO, COMUNA DE ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2016-EJECUCIÓN	2016	SECTORIAL	478.777,00
30116708	ANCUD	PUMANZANO	CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE RURAL PUMANZANO, ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2022-EJECUCIÓN	2022	F.N.D.R.	880.776,00
40003749	ANCUD	TANTAUCO	CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE RURAL TANTAUCO, COMUNA DE ANCUD - PROVINCIA DE CHILOÉ Año y Etapa a Financiar: 2019-EJECUCIÓN	2019	SECTORIAL	784.353,00
30109898	ANCUD	CAULIN	CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE APR SECTOR CAULÍN LA CUMBRE, ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2022-EJECUCIÓN	2022	F.N.D.R.	692.918,00
30476333	ANCUD	GUABUN	CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE APR SECTOR GUABUN, ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2019-EJECUCIÓN	2019	F.N.D.R.	495.979,00
30471852	ANCUD	AGUAS BUENAS	INSTALACIÓN SISTEMA APR LOCALIDAD RURAL DE AGUAS BUENAS, ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2025-EJECUCIÓN	2025	F.N.D.R.	1.273.754,00

CÓDIGO BIP	LOCALIDAD	APR	DESCRIPCIÓN	AÑO POSTULACIÓN	FUENTE FINANCIERA	COSTO TOTAL [M$]
30121787	CASTRO	CASTRO	CONSTRUCCIÓN DE REDES DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DIV. SECT. CASTRO Año y Etapa a Financiar: 2018-EJECUCIÓN	2018	F.N.D.R.	763.773,00
40006050	CASTRO	QUILQUICO	CONSTRUCCIÓN SISTEMA APR SECTOR QUILQUICO NORTE, COMUNA DE CASTRO Año y Etapa a Financiar: 2020-EJECUCIÓN	2020	SECTORIAL	694.739,00
30471833	CASTRO	LA CHACRA	MEJORAMIENTO SISTEMA APR EXISTENTE LA CHACRA, COMUNA DE CASTRO Año y Etapa a Financiar: 2018-EJECUCIÓN	2018	SECTORIAL	518.448,00
30181572	CHONCHI	PUCATUE	CONSTRUCCIÓN SERVICIO AGUA POTABLE RURAL PUCATUE, COMUNA DE CHONCHI Año y Etapa a Financiar: 2015-EJECUCIÓN	2015	SECTORIAL	288.759,00
30135406	CHONCHI	EL PULPITO	CONSTRUCCIÓN SERVICIO AGUA POTABLE RURAL SECTOR EL PULPITO, CHONCHI Año y Etapa a Financiar: 2021-EJECUCIÓN	2021	SECTORIAL	1.057.296,00
30310674	CHONCHI	PINDACO-QUITRIPULLI	CONSTRUCCIÓN SERVICIO DE A.P.R. DE PINDACO-QUITRIPULLI, CHONCHI Año y Etapa a Financiar: 2019-EJECUCIÓN	2019	F.N.D.R.	832.457,00
30103279	CHONCHI	RAUCO	CONSTRUCCIÓN SERVICIO DE APR DE ALCALDEO DE RAUCO, CHONCHI Año y Etapa a Financiar: 2017-EJECUCIÓN	2017	F.N.D.R.	720.352,00
30466394	CHONCHI	TARAHUIN	CONSTRUCCIÓN SISTEMA AGUA POTABLE RURAL DE TARAHUÍN, CHONCHÍ Año y Etapa a Financiar: 2023-EJECUCIÓN	2023	F.N.D.R.	625.951,00
30466433	CHONCHI	QUILLIPULLI-ROMAZAL	CONSTRUCCIÓN SISTEMA AGUA POTABLE RURAL QUILIPULLI-ROMAZAL, CHONCHI Año y Etapa a Financiar: 2019-EJECUCIÓN	2019	F.N.D.R.	738.410,00
40014505	CHONCHI	VILUPULLI	CONSTRUCCIÓN SISTEMA APR CURACO DE VILUPULLI, COMUNA DE CHONCHI Año y Etapa a Financiar: 2021-EJECUCIÓN	2021	SECTORIAL	849.857,00

CÓDIGO BIP	LOCALIDAD	APR	DESCRIPCIÓN	AÑO POSTULACIÓN	FUENTE FINANCIERA	COSTO TOTAL [M$]
40029557	CHONCHI	CANÁN	CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE RURAL CANÁN, COMUNA DE CHONCHI Año y Etapa a Financiar: 2023-EJECUCIÓN	2023	SECTORIAL	1.147.934,00
40018445	CHONCHI	DICHAM	CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE RURAL DE DICHAM, COMUNA DE CHONCHI Año y Etapa a Financiar: 2021-EJECUCIÓN	2021	SECTORIAL	1.273.971,00
40018522	CHONCHI	TERAO	CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE RURAL TERAO, COMUNA DE CHONCHI Año y Etapa a Financiar: 2022-EJECUCIÓN	2022	SECTORIAL	1.444.396,00
20144826	CHONCHI	NOTUCO	INSTALACIÓN DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE RURAL DE NOTUCO, CHONCHI Año y Etapa a Financiar: 2016-EJECUCIÓN	2016	F.N.D.R.	783.746,00
30091901	CHONCHI	HUILLINCO	MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN SERVICIO APR HUILLINCO, CHONCHI Año y Etapa a Financiar: 2020-EJECUCIÓN	2020	F.N.D.R.	640.461,00
30485152	DALCAHUE	DALCAHUE	CONSTRUCCIÓN DE REDES DE AP Y ALCANT. DIVERSOS SECTORES CIUDAD DALCAHUE Año y Etapa a Financiar: 2022-EJECUCIÓN	2022	F.N.D.R.	384.824,00
30395727	DALCAHUE	VISTA HERMOSA	CONSTRUCCIÓN DE REDES DE AP Y ALCANTAR. SECTOR VISTA HERMOSA, DALCAHUE Año y Etapa a Financiar: 2020-EJECUCIÓN	2020	F.N.D.R.	614.114,00
30168422	DALCAHUE	ÑIUCHO	CONSTRUCCIÓN SERVICIO AGUA POTABLE RURAL ÑIUCHO, COMUNA DE DALCAHUE Año y Etapa a Financiar: 2016-EJECUCIÓN	2016	SECTORIAL	427.490,00
40018488	DALCAHUE	ASTILLEROS PUNAHUEL	CONSTRUCCIÓN DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE RURAL DEL SECTOR ASTILLEROS-PUNAHUEL. DALCAHUE Año y Etapa a Financiar: 2023-EJECUCIÓN	2023	SECTORIAL	2.344.441,00
40016862	DALCAHUE	PULUTAUCO	CONSTRUCCIÓN SISTEMA APR PULUTAUCO, DALCAHUE Año y Etapa a Financiar: 2024-EJECUCIÓN	2024	F.N.D.R.	1.285.042,00

CÓDIGO BIP	LOCALIDAD	APR	DESCRIPCIÓN	AÑO POSTULACIÓN	FUENTE FINANCIERA	COSTO TOTAL [M$]
40004659	DALCAHUE	BUTALCURA	CONSTRUCCIÓN SISTEMA APR SECTOR BUTALCURA, PRIMERA ETAPA, DALCAHUE Año y Etapa a Financiar: 2021-EJECUCIÓN	2021	F.N.D.R.	320.509,00
40017878	DALCAHUE	PUPETRA	CONSTRUCCIÓN SISTEMA APR SECTOR PUPETRA, DALCAHUE Año y Etapa a Financiar: 2025-EJECUCIÓN	2025	F.N.D.R.	1.417.269,00
40033603	DALCAHUE	PUCHAURAN	CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE RURAL PUCHAURAN, COMUNA DE DALCAHUE Año y Etapa a Financiar: 2025-EJECUCIÓN	2025	SECTORIAL	2.314.382,00
30425022	QUEILEN	CONTUY	CONSTRUCCIÓN SERVICIO AGUA POTABLE RURAL CONTUY, COMUNA DE QUEILEN Año y Etapa a Financiar: 2017-EJECUCIÓN	2017	SECTORIAL	393.632,00
30458052	QUEILEN	LELBUN-ANTUY	CONSTRUCCIÓN SISTEMA APR LELBUN - AITUY, COMUNA DE QUEILEN Año y Etapa a Financiar: 2019-EJECUCIÓN	2019	SECTORIAL	976.314,00
40007764	QUEILEN	ÑIDA	CONSTRUCCIÓN SISTEMA APR ÑIDA, COMUNA DE QUEILEN Año y Etapa a Financiar: 2020-EJECUCIÓN	2020	SECTORIAL	752.109,00
40009870	QUEILEN	DETICO	CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE RURAL DETICO - QUECHU, COMUNA DE QUEILEN Año y Etapa a Financiar: 2021-EJECUCIÓN	2021	SECTORIAL	1.038.563,00
40009684	QUELLÓN	ALCAZAR	AMPLIACIÓN DE RED PÚBLICA SIST DE AGUA POTABLE Y ALC SECTOR ALCÁZAR COMUNA DE QUELLÓN Año y Etapa a Financiar: 2025-EJECUCIÓN	2025	F.N.D.R.	784.610,00
40019238	QUELLÓN	CURANUE	AMPLIACIÓN DEL SISTEMA APR CURANUE, COMUNA DE QUELLÓN Año y Etapa a Financiar: 2024-EJECUCIÓN	2024	SECTORIAL	2.799.435,00
40004846	QUEMCHI	AUCAR	CONSTRUCCIÓN SISTEMA APR AUCAR, COMUNA DE QUEMCHI Año y Etapa a Financiar: 2021-EJECUCIÓN	2021	SECTORIAL	798.992,00

CÓDIGO BIP	LOCALIDAD	APR	DESCRIPCIÓN	AÑO POSTULACIÓN	FUENTE FINANCIERA	COSTO TOTAL [M$]
40015381	QUEMCHI	HUITE	CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE APR HUITE, COMUNA DE QUEMCHI Año y Etapa a Financiar: 2021-EJECUCIÓN	2021	SECTORIAL	704.463,00

Tabla 9. Resumen por comuna - Monto total de inversión 2015-2025 en ejecución de proyectos en el sector de Recursos Hídricos, Isla Grande de Chiloé. Fuente. Elaboración propia en base a data SNI

	ANCUD	CASTRO	CHONCHI	DALCAHUE	QUEILEN	QUELLÓN	QUEMCHI	TOTAL
INVERSIÓN TOTAL	14.581.296	1.976.960	10.403.590	9.108.071	3.160.618	3.584.045	1.503.455	44.318.035
NUMERO DE SSR	16	2	12	7	4	2	2	45
MONTO MUNI-FNDR	6.682.078	763.773	4.341.377	4.021.758	-	784.610	-	16.593.596
MONTO MOP	7.899.218	1.213.187	5.004.917	5.086.313	3.160.618	2.799.435	1.503.455	26.667.143
MONTO MUNI - MOP			1.057.296					1.057.296

3.1.8 ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL.

A continuación, se presentan los instrumentos que integran el sistema de ordenamiento territorial de la Región de Los Lagos. Esta revisión da cuenta de los marcos normativos e indicativos que regulan y orientan los procesos de toma de decisiones en materia de planificación del territorio y muestra que el Sistema de Ordenamiento Territorial de la Isla Grande de Chiloé se estructura a partir de las definiciones del Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT), respondiendo a los lineamientos de la Estrategia Regional de Desarrollo (ERD).

La región de Los Lagos cuenta con un **Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT)**, un instrumento de carácter indicativo/no vinculante (que no tiene fuerza de ley, como es el caso de los instrumentos normativos), que establece ciertas responsabilidades para las partes involucradas. El PROT tiene la atribución de diseñar, elaborar, aprobar y aplicar políticas, planes, programas y proyectos de desarrollo definidos a partir de la **Estrategia Regional de Desarrollo (2030)**. El PROT define un escenario prospectivo de mediano plazo (10 años) a partir de cuatro ámbitos: Sostenibilidad Ambiental, Desarrollo Humano y Calidad de Vida, Competitividad Económico-Productiva y Conectividad como Eje Integrador del Territorio. [11]

A nivel provincial, en el caso de la Isla Grande de Chiloé, cabe destacar que existe una iniciativa de carácter intercomunal en etapa de formulación: el **Plan Regulador Intercomunal (PRI) Castro – Chonchi – Dalcahue – Curaco de Vélez.** Esta iniciativa se encuentra en proceso de aprobación de la Evaluación Ambiental Estratégica, previa a la aprobación por parte del Gobierno Regional y la Toma de Razón de Contraloría. [12]

A nivel comunal, se cuenta con instrumentos vinculantes (PRC) en todas las comunas. El promedio de antigüedad de dichos instrumentos es de 15 años, lo que evidencia su

[11] En el objetivo general se debe definir, proponer y fijar un modelo territorial regional futuro consensuado, en concordancia con los lineamientos estratégicos de la ERD y las políticas públicas regionales. El objetivo debe, a su vez, ponderar las demandas y ofertas por el uso e intervención del espacio territorial, armonizando los requerimientos de las diversas actividades humanas con las capacidades del medio, así como promoviendo el desarrollo territorial sustentable. Fuente: Plan Regional de Ordenamiento Territorial; Contenidos y Procedimientos, 2011. SUBDERE

[12] Fuente: Portal de Seguimiento de Instrumentos de Planificación Territorial del Ministerio de Vivienda y Urbanismo

obsolescencia. Se detalla a continuación el estado de vigencia de los IPT de cada una de las siete comunas que componen la unidad geográfica sujeta del presente estudio:

- **Ancud:** El PRC de 1996. Sin embargo, cuenta con actualizaciones de los años 1996, 2000 y 2009, y actualmente, el Municipio, a través de la Secretaría de Planificación, se encuentra en proceso de aprobación por parte del Consejo Comunal para la actualización del instrumento. El objetivo del Municipio es asegurar el financiamiento para el año 2026.[13]
- **Quemchi:** La comuna cuenta con un Límite Urbano, publicado en el D.O. del 31/05/2001. Actualmente se encuentra en etapa de aprobación del Consejo Municipal del nuevo Plan Regulador Comunal. [11]
- **Dalcahue:** La comuna cuenta con PRC (Publicación D.O. el 11/12/2002) y se encuentra en fase de diagnóstico para la etapa de ejecución del nuevo PRC.[11]
- **Castro:** Cuenta con PRC vigente de 2006 (Decreto N° 498 del 28/11/2006). Actualmente se encuentra en la etapa de anteproyecto (Ejecución) de la modificación del PRC.
- **Chonchi:** Cuenta con PRC vigente del año 1999 (Res. 46 del 23/12/1999), con una modificación aprobada con fecha 17/01/2007. Actualmente se encuentra en proceso de actualización del PRC, en la fase de Evaluación Ambiental Estratégica (EAE).[14]
- **Queilén:** Cuenta con PRC vigente del año 1997 (Res. 65 del 06/06/1997), que cuenta con una enmienda aprobada (Decreto N° 2327 del 22/09/2016). [15]
- **Quellón:** Cuenta con PRC vigente del año 2005 (Res. 15 del 16/01/2005), que cuenta con una enmienda aprobada (Decreto N° 637 del 26/03/2018). [16]

La totalidad de las comunas están en proceso de actualización o propuesta de nuevos PRC, lo que desde la perspectiva de la gestión del recurso hídrico es relevante en tanto permite suponer –en base a la experiencia comparada de otras comunas- una expansión de las definiciones de límite urbano, con subsecuente aumento de soluciones habitacionales en áreas urbanas, favoreciendo la accesibilidad a bienes y servicios, lo que conlleva aun aumento de la demanda hídrica.

[13] Fuente: Sitio web Ilustre Municipalidad de Ancud y Portal de Seguimiento de Instrumentos de Planificación Territorial del Ministerio de Vivienda y Urbanismo
[14] Ilustre Municipalidad de Chonchi y Portal de Seguimiento de Instrumentos de Planificación Territorial del Ministerio de Vivienda y Urbanismo
[15] Fuente: Ilustre Municipalidad de Queilén y Biblioteca del Congreso Nacional
[16] Fuente: Biblioteca Congreso Nacional

Por otra parte, las parcelaciones y loteos rurales son una solución que durante décadas ha permitido a muchas familias acceder a una vivienda fuera de las áreas urbanas. Esta situación tiene su origen en el Decreto de Ley N° 3.516 (01/12/1980), que permite a los agricultores subdividir terrenos rurales como mecanismo de financiamiento para apoyar sus actividades agrícolas, con la única condición de que no se pueda cambiar el uso del suelo. Ante la creciente demanda habitacional, como respuesta al desarrollo reciente y proyectado que se describió en el numeral anterior, las parcelaciones rurales se posicionan como una alternativa atractiva, tanto para las familias en busca de una solución habitacional de primera vivienda, como para aquellas que buscan una parcela para su segunda vivienda (Barton et al. 2013). La falta de un marco normativo que responda a este fenómeno ha generado incongruencias en las interfaces urbano-rurales, lo que ha dado como resultado tipologías de crecimiento urbano orgánico, con brechas considerables en el acceso a servicios básicos. Estas brechas son resueltas por los propios ocupantes de los loteos mediante prácticas que generan daños considerables a los sistemas naturales y a las fuentes de agua superficial y subterránea, y pueden llegar a competir con los SSR por el recurso hídrico.

Por esta razón, la Nueva Ley de Parcelaciones, que se encuentra en etapa de revisión final, busca implementar una serie de medidas en materia de: protección del suelo agrícola, protección de los compradores, regulación de las subdivisiones, multas y fiscalización, impacto en la inversión y los servicios, y regularización de las construcciones existentes.

Adicionalmente a estos instrumentos de regulación territorial, y respondiendo al mandato de la Ley Marco de Cambio Climático, la región de Los Lagos cuenta con un Plan de Acción Regional de Cambio Climático (PARCC) (Res. Ex. N° 233 del 08/05/2023), relevante en el marco de este estudio. PARCC establece medidas y acciones concretas para los desafíos que la región enfrenta en materia de cambio climático, por ejemplo: la definición de una visión estratégica del PARCC y una serie de acciones y medidas que se agrupan en seis líneas estratégicas:

1. Reducción de emisiones de GEI mediante acciones de eficiencia energética y diversificación de fuentes energéticas.
2. Conservación de la biodiversidad y aumento de la capacidad de secuestro de GEI en la región.
3. Uso sostenible de los recursos naturales, renovables y no renovables, como ejes de desarrollo regional bajo escenarios de cambio climático.

4. Incorporación del cambio climático en los instrumentos de ordenamiento territorial.
5. Educación y fortalecimiento de capacidades.
6. Institucionalidad y gobernanza: fortalecimiento de la organización y de la coordinación intersectorial y a nivel de los servicios públicos.

Dichos lineamientos contienen medidas específicas y concretas aplicables al presente estudio, como el aseguramiento de la disponibilidad de agua potable y de saneamiento mediante la protección de los recursos que garantizan dicha disponibilidad (Medida 2.4). Uso más eficiente y mejoramiento de la calidad del agua en la región (Medida 3.4). La identificación e incorporación de zonas de riesgo natural y antrópico en los Instrumentos de Planificación Territorial (Medida 4.1) y, finalmente, la generación de un sistema integrado de información socioecológica estratégica del territorio para fortalecer las capacidades de adaptación al cambio climático.

Por otra parte, la Política Regional para la Sostenibilidad Hídrica (PRSH), promulgada en febrero de 2024, plantea una hoja de ruta e iniciativas asociadas al acceso al agua para personas que habitan tanto en sectores urbanos como en rurales, para satisfacer sus actividades productivas, para la protección de sus ecosistemas y la prevención de los efectos que tienen los eventos extremos en la región. En ese sentido, se definen, a través de un proceso participativo, los siguientes lineamientos estratégicos:

1. Seguridad Hídrica para las Personas:

Mejorar el acceso universal al agua potable y para necesidades básicas. Este lineamiento define las siguientes líneas de acción:

- Construcción de una cartera de proyectos viabilizada y gestionada
- Fortalecimiento de la inversión en infraestructura para los Servicios Sanitarios Rurales
- Inversiones complementarias en Servicios Sanitarios Rurales
- Desarrollo de Capacidades en los Servicios Sanitarios Rurales a través del Fondo Comunidad
- Acceso al agua en sectores desconcentrados

2. Seguridad Hídrica para las Actividades Productivas:

Asegurar el acceso al agua para la agricultura, la industria y otros sectores económicos, promoviendo prácticas sostenibles. Este lineamiento define las siguientes líneas de acción:

- Desarrollar el riego tecnificado en la región para permitir la adaptación y desarrollo del sector agropecuario e industrial
- Reducir los tiempos de entrega de los derechos de aprovechamiento de agua
- Aumentar la superficie bajo riego tecnificado en la región y desarrollar proyectos de ingeniería para obras de riego extrapredial.
- Capacitar a los productores, constituir organizaciones de usuarios de agua y promover el uso sostenible del agua
- Fomentar el acceso al agua y uso sostenible en el sector turismo

3. Seguridad Hídrica para los Ecosistemas:

Preservar la salud y la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos y terrestres. Este lineamiento define las siguientes líneas de acción:

- Protección de las fuentes de agua
- Protección de los ecosistemas
- Gestión de la participación ciudadana

4. Resiliencia para la Prevención de Eventos Extremos:

Fortalecer la capacidad de adaptación y respuesta ante sequías e inundaciones, mitigando los riesgos asociados. Este lineamiento define las siguientes líneas de acción:

- Prevención de anegamientos urbanos
- Reducción del riesgo asociado a eventos de tormenta

5. Marco de Gobernanza para acceso al agua:

Integrar los distintos niveles de toma de decisiones en una gestión coordinada para la seguridad hídrica en la región

Finalmente, está disponible el Plan Estratégico de Gestión Hídrica en las Cuencas de las Islas de Chiloé y Circundantes (diciembre de 2022), cuyo objetivo general es orientar la toma de decisiones en materia de gestión hídrica mediante una cartera de acciones que apunta al mejoramiento de la información disponible, a la gestión y coordinación de las instituciones vinculadas, a la infraestructura de agua y a la adaptación al cambio climático.

Llama la atención la falta de un instrumento que oriente la toma de decisiones en materia de desarrollo y gestión del área rural de la Isla, tanto a escala comunal como a escala

provincial. Un instrumento que integre las dinámicas económico-productivas, demográficas, culturales y medioambientales en la planificación de los centros urbanos, así como de las zonas rurales, el borde costero e islas aledañas; que logre remontar las trabas que impiden la coordinación e intensificación del trabajo multisectorial en políticas públicas y programas sociales que tienen impacto en los territorios[17]. Si bien existe un proyecto (en formulación) de un Instrumento de Planificación Territorial a escala intercomunal, resulta necesario contar con una planificación integral a escala de la provincia de Chiloé, que establezca lineamientos estratégicos que apunten al desarrollo económico y social de las comunidades, velando por el cuidado de la identidad cultural, así como de los atributos naturales y de los beneficios ecosistémicos que aportan los paisajes nativos que caracterizan esta provincia.

3.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS SSR DE LA ISLA GRANDE DE CHILOE

A continuación, se presentará la caracterización de los SSR en la Isla Grande de Chiloé, para lo cual se utilizará como marco conceptual la descripción socio-hidrológica del contexto de la Isla. En primera instancia, se describirá el marco regulatorio que fija los estándares de funcionamiento y gestión de los SSR en Chile, y luego se profundizará en la distribución del recurso hídrico entre los SSR mediante los derechos de agua asignados en la Isla. Finalmente, a partir de las bases de datos entregadas por la DOH, se elaborará una descripción, a nivel comunal, de las principales características de los SSR en la Isla Grande de Chiloé.

3.2.1 MARCO REGULATORIO APLICABLE A LOS SSR Y CONTEXTO HISTÓRICO.

El marco normativo que rige los Servicios Sanitarios Rurales busca garantizar la calidad, la cantidad y la continuidad del servicio de agua potable en zonas rurales. El principal instrumento normativo corresponde a la **Ley N° 20.998, "Regula los Servicios Sanitarios Rurales", promulgada en el año 2016, y su reglamento,** contenido en el **Decreto N° 50 del año 2020**. A su vez diversas disposiciones complementarias provenientes de distintos ministerios e instituciones abordan aspectos técnicos, sanitarios, organizacionales y ambientales, como por ejemplo las normas de calidad del agua potable, las condiciones de captación y distribución, los derechos de aprovechamiento de aguas, y la organización comunitaria vinculada a la gestión de los SSR (Tabla 10).

Tabla 10. Principales instrumentos normativos que regulan el suministro de agua potable a la ciudadanía

[17] CNDT- Diagnóstico para la actualización de la Política Nacional de Desarrollo Urbano, Julio 2025

Instrumento legal	Entidad	Descripción
NCh1333/1978 mod. 1987	Instituto Nacional de Normalización	Requisitos de calidad del agua para diferentes usos.
NCh 777/2 del 2000		Agua potable - Fuentes de abastecimiento y obras de captación - Parte 2: Captación de aguas subterráneas
NCh 2485 del 2000		Instalaciones domiciliarias de agua potable - diseño, cálculo y requisitos de las redes interiores.
NCh409/1 del 2004		Agua Potable - Parte 1 - Requisitos. Norma oficial vigente desde 2006 hasta la fecha.
NCh409/2 del 2004		Agua Potable - Parte 2 - Muestreo. Norma oficial vigente desde 2006 hasta la fecha.
DFL N°5/200	Ministerio de Economía	Fija el texto refundido, concordado y sistematizado de la Ley General de Cooperativas.
Ley N° 18.778/1989	Ministerio de Hacienda	Ley que establece subsidio al pago de consumo de agua potable y servicio de alcantarillado de aguas servidas
DFL N° 1122/1981 mod Ley N° 21.740/2025	Ministerio de Justicia	Fija el texto del Código de Aguas.
DFL N° 382/1988	Ministerio de Obras Públicas	Régimen general de concesiones sanitarias.
Decreto Supremo N°90/2001		Establece la norma de emisión para la regulación de los contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a las aguas marinas y continentales superficiales.
Decreto N° 50/ 2003		Aprueba el reglamento de instalaciones domiciliarias de agua potable y alcantarillado.
Decreto N°203/2013		Reglamento sobre normas de exploración y explotación de aguas subterráneas.
Ley N°21.075/2018		Regula la recolección, la reutilización y la disposición de aguas grises.
Decreto Supremo N° 735/1969	Ministerio de Salud	Reglamento sobre la calidad del agua potable.
Decreto N°58/1997	Ministerio del Interior	Fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N° 19418 sobre juntas de vecinos y demás organizaciones comunitarias.
Ley N° 20.998/2016	Ministerio de Obras Púlbicas	Establece un marco jurídico e institucional que regule la prestación de servicios sanitarios rurales, entendiéndose por tales la provisión de agua potable, así como la recolección y el tratamiento de las aguas servidas.

En el año 1964 se creó el Programa Estatal de Agua Potable Rural (APR), cuyo principal objetivo fue promover la provisión de agua potable en zonas rurales, logrando extender la

cobertura de suministro de un 6% a un 72% (Schuster, 2016). En sus inicios, su funcionamiento (mediante un comité o una cooperativa) solo requería el registro de particulares aplicado a zonas no urbanas del DFL N° 382/1989 y los permisos dictados por el Servicio de Salud, único ente fiscalizador, que acreditara el cumplimiento de las normas de calidad del agua (Decreto 735 y la NCh 409). Todo lo relativo a la extracción del recurso, la gestión y la administración quedaba exento de fiscalización por parte de la SISS o del MOP bajo el amparo de la DFL N° 70/88 (Ovies, 2022). Gracias a la Ley N° 19549, que modificó el DFL N° 382 de Servicios Sanitarios en 1998, se establece la obligación del Estado de prestar asistencia técnica y administrativa a los entonces llamados APR, de forma directa o indirecta mediante empresas concesionarias.

No es hasta el 2016, con la promulgación de la Ley 20.998, cuando los APR pasan a ser Servicios Sanitarios Rurales (SSR), estableciéndose normas y exigencias no solo respecto de la calidad del agua, sino también del cobro de tarifas, de las instalaciones mínimas, de la gestión y de la administración. Al aparato estatal se incorpora una Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales cuyo rol principal es ejecutar la política nacional de SSR, con enfoque en la asistencia, la promoción y la regulación de dichos servicios en zonas rurales. También se incorpora una mayor fiscalización por parte de la SISS (Superintendencia de Servicios Sanitarios). En el contexto de la escasez hídrica, tanto por razones climáticas como por gestión, la normativa ha tenido que adaptarse para hacer frente a los desafíos de la distribución del agua en los sectores rurales.

En este nuevo escenario regulatorio, el régimen de comité o cooperativa sin fines de lucro, y, excepcionalmente, por personas naturales o jurídicas (municipalidades) autorizadas por el Ministerio de Obras Públicas (MOP), se mantuvo como unidad administrativa. Sin embargo, hoy estas administraciones deben contar con una licencia que autorice la provisión y el saneamiento de agua en sectores rurales. Quienes requieren una licencia o su renovación deben acreditar que cuentan con derechos de aguas, la capacidad en cantidad, calidad y continuidad para el abastecimiento, un fondo de reserva para garantizar el servicio, un plan de inversión y un estado financiero, un informe de gestión y un programa de precios, aprobados por la subdirección.

La Ley define dos tipos de servicios: primario (para uso doméstico) y secundarios (incluye otros usos además del doméstico), así como cuatro etapas para provisión y saneamiento:

1. Producción
2. Distribución de agua potable.
3. Recolección de aguas servidas
4. Tratamiento y disposición final de aguas servidas.

Las etapas uno y cuatro podrán ser tercerizadas por los operadores de los SSR. Además, se incorpora el apoyo estatal mediante programas anuales de inversión y la facultad de imponer, de forma gratuita, servidumbre sobre bienes nacionales de uso público para la instalación o construcción de infraestructura.

Esta ley entra en vigor en el año 2020, en medio de un contexto social adverso. En un inicio, limitó la gestión y la operación de los comités y cooperativas, lo que dificultó la adaptación a las nuevas normativas. En respuesta a ello, las organizaciones se organizaron para promover la Ley N° 21.401 (que fija el texto del Código de Aguas), la cual extendió los plazos en disposiciones como la creación del registro de operadores y la constitución del consejo consultivo. Actualmente, se discute en el Senado una nueva modificación a la ley que regula los Servicios Sanitarios Rurales, para prorrogar los plazos del artículo vigésimo transitorio y posponer el inicio de las fiscalizaciones por parte de la SISS.

Por otra parte, el Código de Aguas ha sufrido repetidas modificaciones la primera el 2005, luego el 2022, y recientemente en febrero del presente año (2025), siendo clave en estas modificaciones la incorporación del resguardo del caudal ecológico (2005); la inclusión a la gobernanza hídrica las figuras de Organización de Usuarios de Agua (OUA) y la definición de los roles entre usuarios para la redistribución y priorización del recurso hídrico así como la aplicación del Decreto de Escasez Hídrica[18]. Entre las medidas empleadas bajo la aplicación del Decreto, están la redistribución de las aguas, favoreciendo los usos de consumo humano, saneamiento y actividades de subsistencia; la facilitación del acceso a nuevas fuentes; y la asignación de presupuestos y la autorización de nuevas extracciones (Artículos n° 5 bis, 17.314 y 315). Álvarez-Garreton et al., (2023) advierten que su uso reiterado en ciertas

[18] El Decreto de Escasez Hídrica (Art. 314 y 315 del Código de Aguas) es una herramienta de gestión cuyo objetivo es promover medidas de emergencia ante escenarios de escasez hídrica. En Chiloé se han declarado el año 2017 (DT N° 84/2017), el año 2024 (DT N° 25/2024) y el año 2025 (DT N° 47/2025).

localidades tendría efectos adversos, al intensificar los niveles de escasez hídrica, pues fomenta la sobreexplotación en circunstancias donde el caudal ecológico ya se encuentra por debajo del mínimo óptimo para resguardar las funciones ecosistémicas de curso de agua.

3.2.2 GOBERNANZA HÍDRICA EN LA ISLA GRANDE DE CHILOÉ.

Respecto de la gobernanza hídrica a partir de la Ley de SSR, Ley N° 20.998, se crea la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales del Ministerio de Obras Públicas. Según el Decreto Supremo N° 174, ésta se organiza a nivel central bajo la dirección de un subdirector nacional, quien coordina cuatro departamentos: Proyectos Sanitarios, Gestión Comunitaria, Procesos de Inversión y Conservación. Cada uno de estos departamentos cumple funciones específicas orientadas al desarrollo técnico, al apoyo a los operadores, a la planificación de inversiones y a la conservación de la infraestructura. A nivel regional, la estructura se replica mediante Subdirecciones Regionales, encargadas de ejecutar las políticas y programas en sus territorios y de coordinar los mismos ámbitos funcionales definidos en el nivel central. Esta organización busca garantizar una gestión eficiente, coordinada y descentralizada del sistema de Servicios Sanitarios Rurales.

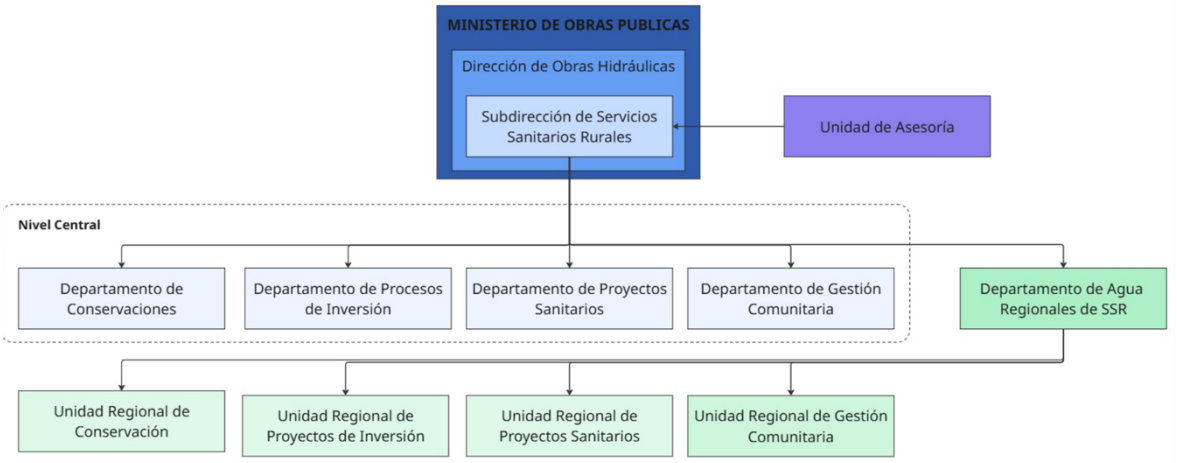


Figura 42. Organigrama institucional de la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales. Fuente: Elaboración propia a partir de DT N° 174/2024

Como instrumento de gobernanza, la Ley 20.998 incorpora los Consejos Consultivos Nacionales (CCN), que se reúnen al menos dos veces al año, y los Consejos Consultivos Regionales (CCR), que asesoran al CCN. Ambas instituciones tienen por objetivo orientar las políticas y aprobar los programas de capacitación para los SSR (Artículo 68 de la Ley 20.998).

Promueve la participación de actores públicos y privados, incluidos representantes de comités y cooperativas de agua, y configura un espacio integrado de coordinación.

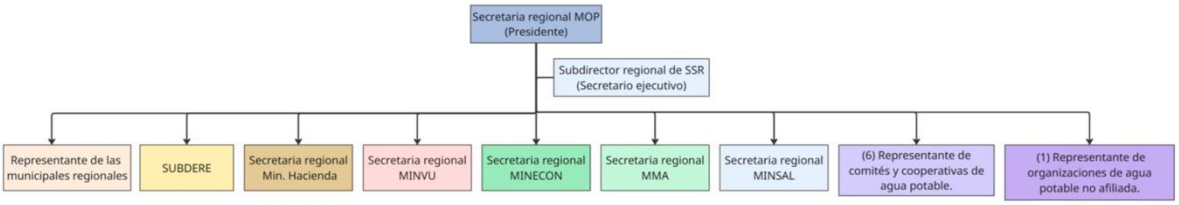


Figura 43. Organigrama del Consejo Consultivo Nacional - Fuente: Elaboración propia. Fuente: elaboración propia.

Localmente, los SSR se organizan en comités con personalidad jurídica y sin fines de lucro. Funcionan como una agrupación voluntaria de personas con un objetivo común, regida por el DT N° 58/1997 de "Juntas de vecinos y demás organizaciones comunitarias", y están conformadas por una asamblea de socios, en la cual se elige, mediante votación popular, un presidente, un secretario y un tesorero, quienes están a cargo de la administración y mantención del SSR.

Adicionalmente, la operación y las labores diarias son realizadas por una o más personas contratadas, que pueden o no ser miembros de la comunidad de vecinos. Por otro lado, las cooperativas poseen una estructura legal más robusta, en la que los socios tienen derechos y deberes definidos, así como una mayor capacidad de gestión. Organizacionalmente, cuentan con una asamblea de socios, un consejo de administración, un gerente y la contratación de operadores.

La organización y la capacidad de gestión de los comités y las cooperativas tienen una gran influencia en el desempeño del SSR. Organizaciones con mayor organización de los miembros, renovación periódica de representantes, capacidad para establecer redes de apoyo e iniciativas para apalancar fondos estatales o privados, entre otros, son atributos reconocidos en los SSR que ofrecen un buen suministro de agua a sus usuarios (Duarte-Vera et al., 2021).
La caracterización individual del tipo de gestión y organización con que cuenta cada SSR en la Isla Grande de Chiloé se realizó a partir de la base de datos proporcionada por la DOH de la Región de Los Lagos. Para el caso de la Isla Grande de Chiloé se cuenta con el registro de 92 SSR distribuidas a lo largo de las siete comunas (Figura 44)

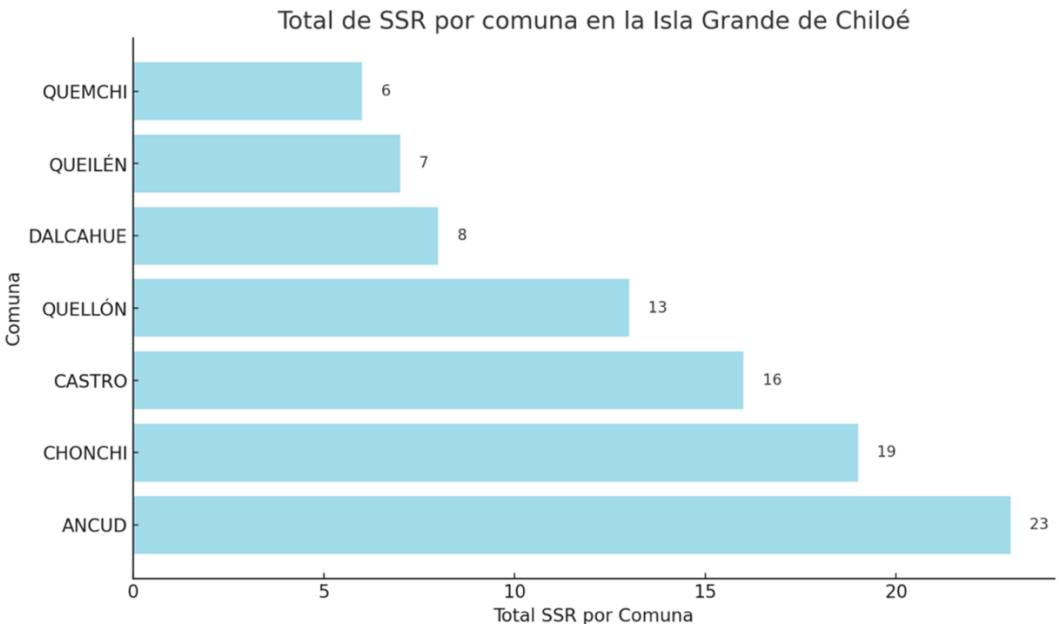


Figura 44. Distribución de las 92 SSR entre las siete comunas de la Isla Grande de Chiloé. Fuente: elaboración propia a partir de Base de Datos de DOH Regional

En términos comparativos, la constitución de SSR en la Isla es más bien reciente, habiéndose creado más de la mitad (53 servicios) después del 2010 y el primer SSR en 1982; mientras que, para la Región de Los Lagos, los primeros SSR fueron constituidos en 1978 y más de la mitad (58%) se constituyeron antes del 2010. Como se puede ver en la Figura 45, la Macrozona Centro y Sur concentra las SSR más antiguas, mientras que en la Macrozona Norte la mayoría de las SSR fueron fundadas después del 2010. Las dos APR (actualmente SSR) más antiguas fueron fundadas en 1982 en Chonchi y Queilén, y en 1987 se fundaron tres nuevas APR: dos en Castro y una en Dalcahue.

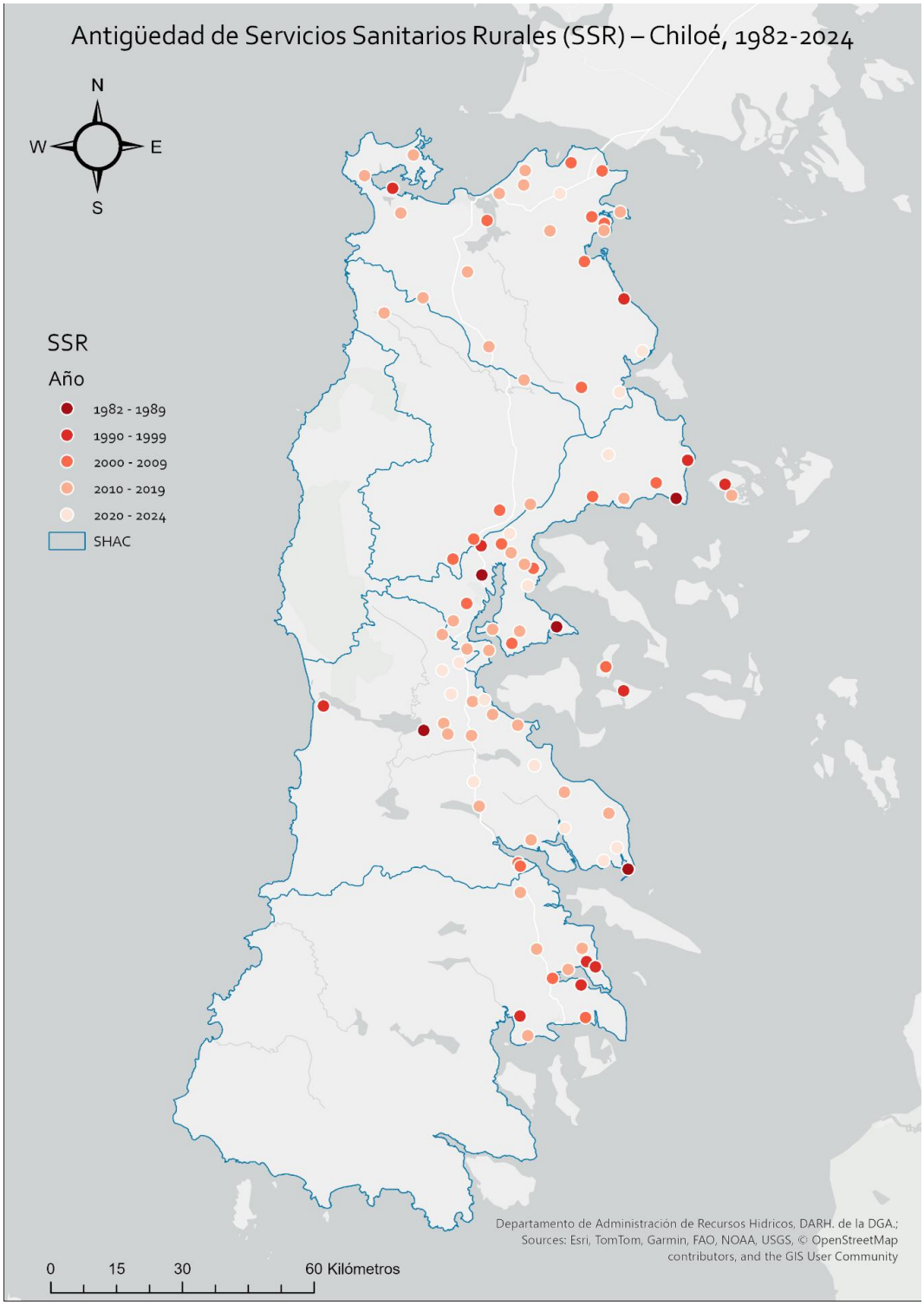


Figura 45. Distribución de las SSR en la Isla Grande de Chiloé, reflejando la antigüedad: la mayor intensidad del círculo rojo indica mayor antigüedad. Fuente: elaboración propia a partir de Base de Datos de DOH Regional

De los 92 SSR listados en la base de datos de la DOH Regional, 91 cuentan con una administración del tipo "Comité" y uno, con una administración municipal: "SSR Ilustre Municipalidad de Ancud". Cabe destacar que en la Isla no se encuentran constituidas, formalmente, organizaciones de Usuarios de Agua, que podrían desempeñar un rol activo en la redistribución del agua bajo la vigencia del "Decreto de Escasez Hídrica" decretado en 2025 (N° 47/2025). Si bien existen organizaciones en torno a la temática del agua y recurso hídrico es necesaria su formalización, en el marco regulatorio (Ley 20.998, su reglamento, y las actualizaciones del Código de Aguas) que fortalece la gobernanza hídrica, para mayor participación de éstas; en ausencia de esta formalización la labor de definir estrategias de redistribución del recurso hídrico queda en manos de la DGA cuando se aplica el Decreto de Escasez Hídrica.

3.2.3 GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO.

Como se ha visto en la sección de amenazas climáticas, los patrones de precipitación y de temperaturas máximas y mínimas indican un proceso de modificación de la estacionalidad climática en la Isla, lo que conllevará una alteración del régimen hidrológico. A su vez, la Isla ha experimentado una intensa transformación de sus paisajes en las últimas dos décadas, y el proceso de cambio de uso de suelo se proyecta que aumentará, según los resultados del capítulo 3.2. En este contexto se considera relevante el diagnóstico del tipo de fuente de agua que abastece a los SSR y del nivel de competencia con otros usuarios por el recurso hídrico. A continuación, se realizará una caracterización del contexto general de consumo de agua en la Isla a partir del Catastro de Derechos de Aprovechamiento de Agua (DAA), actualizado al 30 de junio de 2025, y luego se profundizará en la situación actual de los SSR con base en los antecedentes entregados por la DOH regional.

Según el catastro de DAA de la Región de Los Lagos, en la Provincia de Chiloé existen 2.662 DAA inscritos: 2.651 están asociados a una comuna, 11 no cuentan con esta información y, de estos, 2.485 están asignados a las siete comunas de la Isla. Tras un ejercicio de depuración de la base de datos, se trabajó con un total de 2.483 registros de DAA.

La Tabla 11 presenta un panorama general del número de DAA otorgados por comuna, la suma del "Caudal Anual Promedio L/s" y el promedio con su desviación estándar. La Tabla 12 presenta los números totales de derechos otorgados desglosados en uso "Consuntivos" y "No Consuntivos"

Tabla 11. Derechos de Aprovechamiento de Agua (DAA) por comuna en la provincia de Chiloé

Comuna	Nº DAA	Suma "Caudal Anual $\bar{x}$ (L/s)"	Promedio "Caudal Anual $\bar{x}$ (L/s)"	Desviación "Caudal Anual $\bar{x}$ (L/s)"
Ancud	718	39.220,26	54,62	644,63
Castro	364	25.176,12	69,17	306,02
Chonchi	449	66.031,39	147,06	681,23
Dalcahue	255	123.080,61	482,67	2.478,65
Queilén	157	2.222,90	14,16	64,89
Quellón	356	77.165,27	216,76	2.516,02
Quemchi	184	4.857,76	26,40	143,29
TOTAL	2483	337.754,33		

Fuente: Elaboración propia con base en el Catastro público de derechos de la DGA, actualizado al 30 de junio de 2025.

Tabla 12. Derechos de Aprovechamiento de Agua (DAA) por comuna de la provincia de Chiloé, desglosados por tipo de derecho.

Comuna	No Consuntivo		Consuntivo	
	Nº DAA	Suma Caudal	Nº DAA	Suma Caudal
Ancud	25	32.377,43	693	6.842,84
Castro	59	20.855,71	305	4.320,41
Chonchi	88	61.331,42	361	4.699,97
Dalcahue	83	122.003,12	172	1.077,50
Queilén	11	1.298,73	146	924,17
Quellón	68	74.173,69	288	2.991,58
Quemchi	21	4.134,33	163	723,43
TOTAL	355	316.174,00	2128	21580

Fuente: Elaboración propia con base en el Catastro público de derechos de la DGA, actualizado al 30 de junio de 2025.

El volumen anual promedio total de litros por segundo para usos "Consuntivos" es menor (21.580 L/s) que el de los usos "No Consuntivos" (316.174,00 L/s) (Tabla 12). Al comparar los caudales asignados a estos dos usos con el Caudal Ecológico (Figura 46), destaca la comuna de Ancud como la única que tiene mayor volumen asignado a este último. La comuna de Chonchi destaca en dos órdenes de magnitud por encima del promedio anual asignado a Uso No Consuntivo, lo cual se relaciona con la presencia de generación hidroeléctrica.

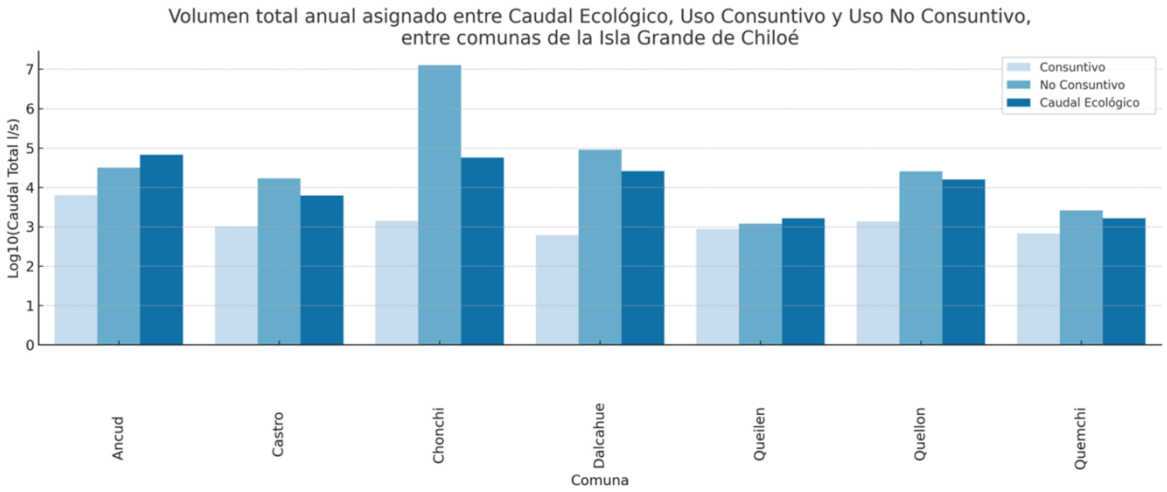


Figura 46. Comparación de los volúmenes promedio anuales (L/s) entre Caudal Ecológico, Uso Consuntivo y Uso No Consuntivo por comuna en la Isla Grande de Chiloé. Se aplicó la transformación logarítmica para mejorar la visualización de los datos. Fuente: elaboración propia a partir del catastro de derechos de aguas de la DGA, actualizada al 30 de junio de 2025.

Los usos declarados en la base de datos de la DGA son: "Consumo humano, uso doméstico y saneamiento", "Energía hidroeléctrica", "Piscicultura", "Riego", "Silvoagropecuario", "Uso industrial" y "Otros usos". De los siete usos indicados en el catastro público de DAA para la Isla Grande de Chiloé, la energía hidroeléctrica es en su totalidad de uso "No consuntivos"[19]. Los demás usos tienen asignados ambos tipos de uso, con un porcentaje menor asignado al uso "Consuntivo"[20].

Al realizar un análisis detallado del volumen de agua asignada entre estos siete usos con derechos de aprovechamiento "No Consuntivos" por comuna (Figura 47) Queilén es la única comuna que no presenta derechos de agua para uso hidroeléctrico. Por otra parte, solo Castro y Dalcahue presentan solicitudes de "Uso industrial", y en Castro se cuenta con un volumen importante de agua asignada a dichas actividades. Por otra parte, llama la atención la comuna de Chonchi, que presenta una distribución bastante homogénea del volumen de agua asignado entre las actividades "Hidroeléctrica", "Otros Usos", "Piscicultura" y "Riego", lo que evidencia un sector productivo más diversificado que el de las demás comunas.

[19] Hace referencia a tipos de uso que regresan la totalidad del agua a su fuente original, este tipo de uso se caracteriza por grandes volúmenes de extracción
[20] Caso en el cual las aguas no son devueltas a la fuente original, o no al menos en condiciones de calidad equivalentes previa extracción de estas

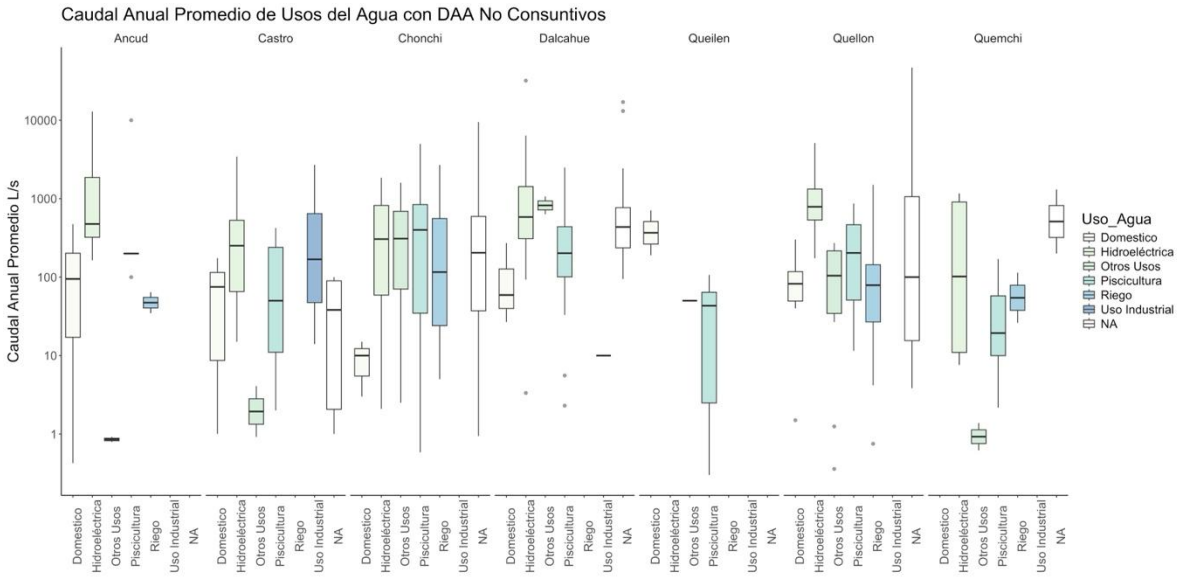


Figura 47. Proporción de derechos de aprovechamiento de aguas "no consuntivas" según su uso. Fuente: elaboración propia a partir del catastro de derechos de aguas de la DGA, actualizada al 30 de junio de 2025.

Al realizar un análisis desglosado del caudal asignado entre estos usos con derechos de aprovechamiento "Consuntivos" por comuna (Figura 48) se observa en términos generales que todas las comunas presentan una distribución similar en los volúmenes de agua asignados a los diferentes usos. El valor promedio del "Promedio Anual en L/s" asignado en toda la Isla es de 4,45 L/s[26], no obstante, varias solicitudes están por sobre los 50 L/s e incluso una solicitud por 2083 L/s correspondiente al solicitante "Rural SPA" ubicado en la comuna de Ancud. En términos generales, la "Piscicultura" y "Otros Usos" tienen asignado el mayor volumen de agua. Por otra parte, Quemchi y Chonchi presentan los mayores volúmenes de agua asignados para uso consuntivo "Uso industrial", mientras Queilén presenta un mayor volumen asignado a "Riego", lo cual sugiere que puede relacionarse con un potencial aumento del consumo de agua en periodo estival.

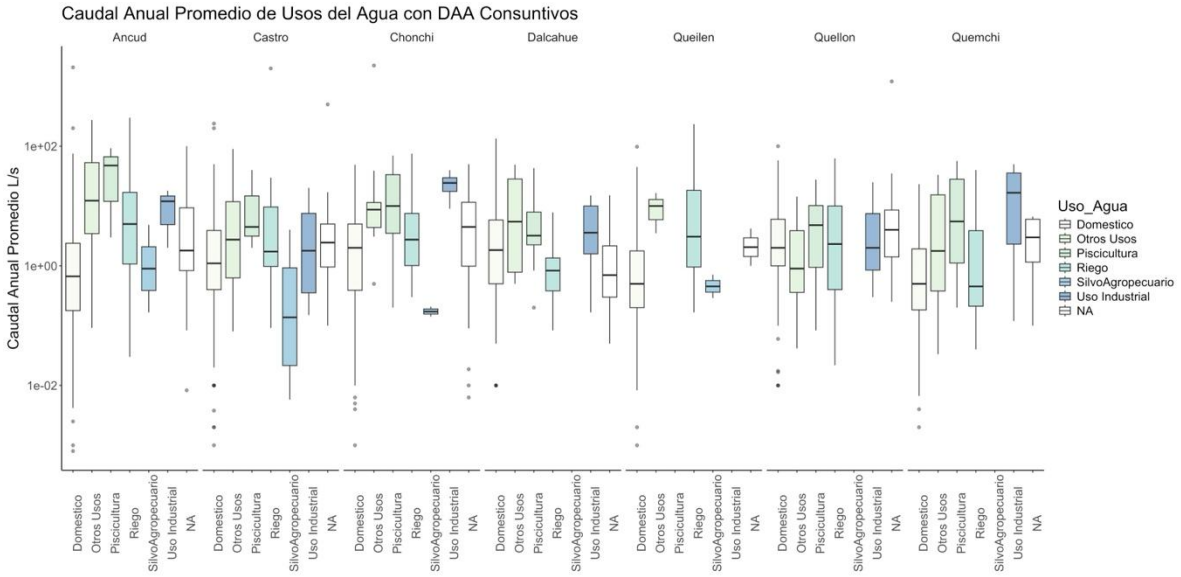


Figura 48. Caudales asignados a derechos de aprovechamiento de aguas "consuntivos" según su uso. Fuente: elaboración propia a partir del catastro de derechos de aguas de la DGA, actualizada al 30 de junio de 2025

En términos generales, conocer la distribución del tipo de uso, en particular para los derechos de uso "Consuntivo", puede dar luz sobre las áreas productivas que eventualmente compiten con los SSR por el consumo del recurso hídrico. De este panorama global de los 2.483 DAA consignados en la base de datos de la DGA, actualizada al 30 de junio de 2025, 75 derechos han sido otorgados a 36 comunidades indígenas y 174 derechos a 83 servicios sanitarios rurales, lo que representa la suma de ambos sectores sociales de la Isla, un 10% de los derechos otorgados entre 1984 y el 2024.

3.2.4 RELACIÓN ESPACIAL ENTRE LOS SSR, LOS PUNTOS DE CAPTACIÓN DE AGUA Y LA DISTRIBUCIÓN DEMOGRÁFICA.

Para una perspectiva territorial del uso del agua, se realizó el cruce entre la distribución de la población en la Isla y la localización de los SSR inscritos en la DOH y de otros puntos de captación de agua, según el tipo de asignación de DAA (Consuntivo – No Consuntivo), como forma de identificar patrones de oferta y demanda del recurso hídrico en la Isla Grande de Chiloé (Figura 49). Por otra parte, se representó la demanda de los SSR en función del número de arranques y la demanda domiciliaria en función de las fuentes reportadas durante el censo 2017, tales como pozos o norias, camiones aljibes y fuentes superficiales como esteros, vertientes, lagos y lagunas (Figura 50).

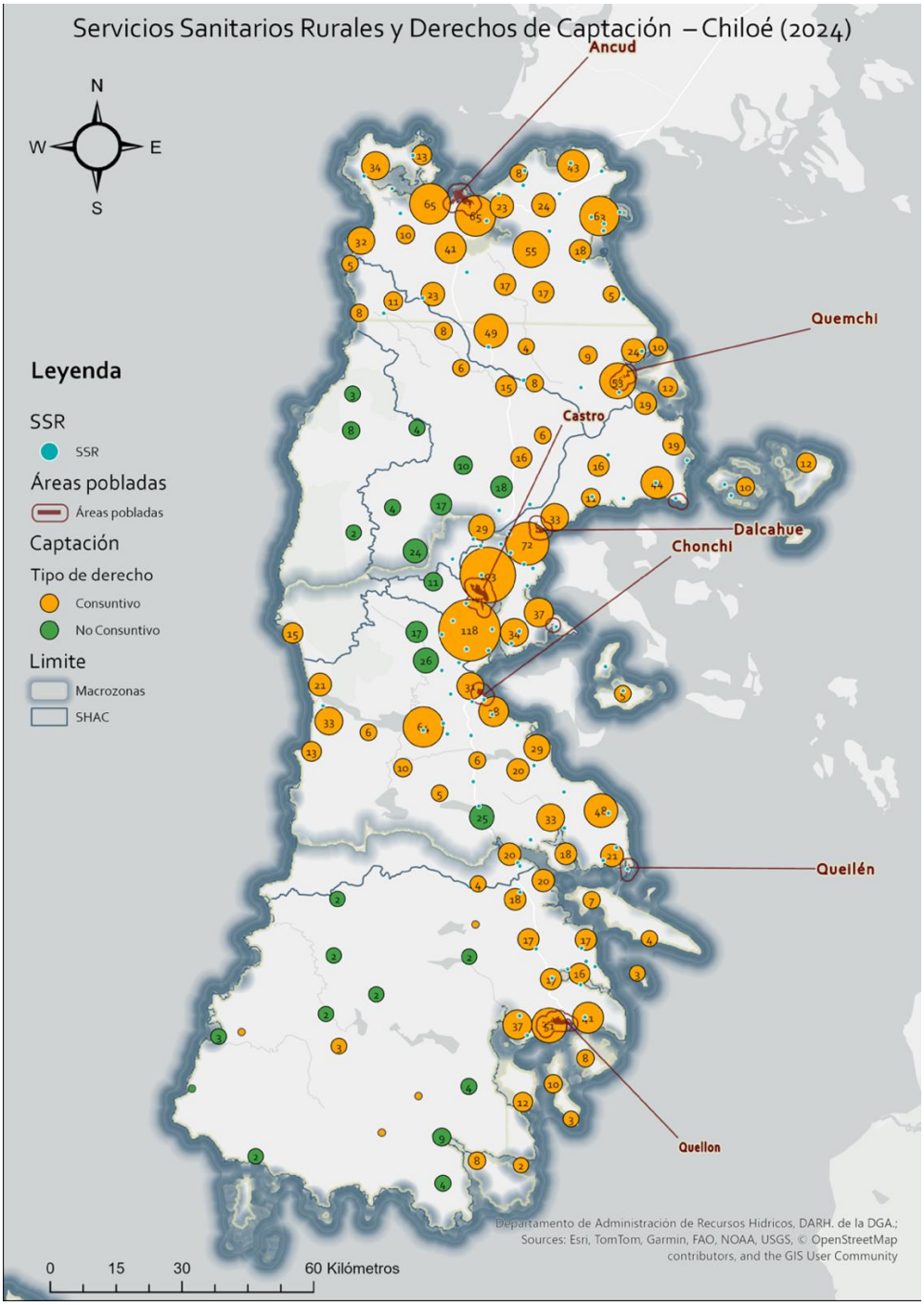


Figura 49. Localización de SSR (círculos celestes) y concentración de puntos de captación de agua (círculos amarillos, con tamaño incremental a mayor densidad), e identificación de derechos de agua no consuntivos (círculos verdes, tamaño incremental a mayor densidad). Los valores dentro de las circunferencias amarillas y verdes indican el número de DAA en el perímetro. Fuente: Elaboración propia en base a datos provistos por la DGA y DOH.

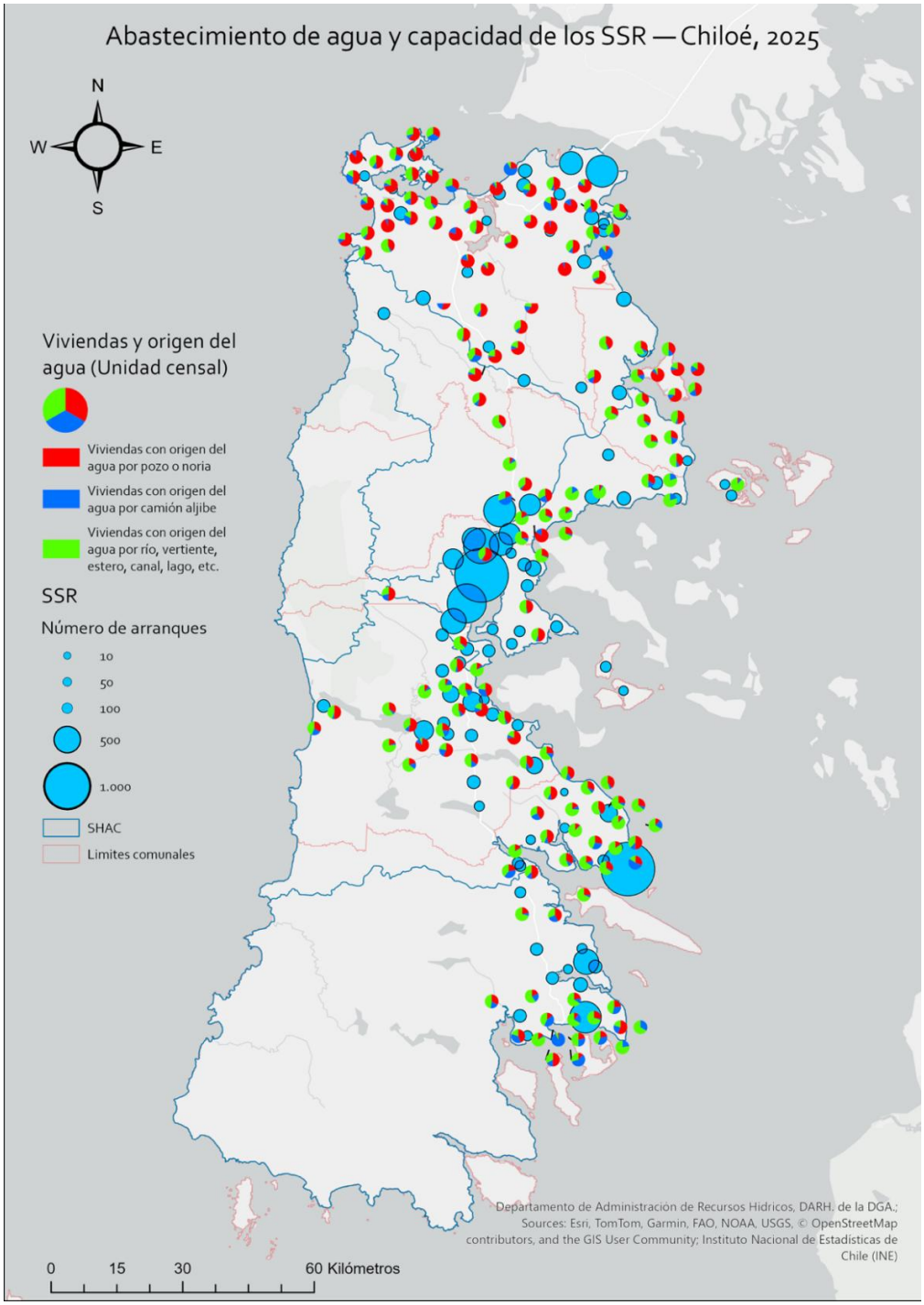


Figura 50. Representación cartográfica de los arranques por SSR, con círculos celestes (de mayor tamaño, mayor cantidad de arranques). Diagramas de torta representan proporción de tipos de provisión de agua a cada cuadra censal rojo: pozo noria, azul: camión aljibe, verde: fuentes superficiales como esteros, vertientes, lagos, lagunas Fuente: elaboración propia en base a resultados Censo 2017.

A partir de ambos mapas se puede observar una coocurrencia entre las zonas pobladas (no urbanas y urbanas) y los distintos puntos de captación de agua, con mayor presencia en los bordes costeros orientales de la Isla. Por otra parte, en la zona norte de la Isla se concentran los puntos de captación de agua que se abastecen de fuentes subterráneas, lo que se observa en la dominancia del color rojo en los gráficos de torta; mientras que, en el sur, la dominancia del color verde sugiere un mayor uso de fuentes de agua superficiales (Figura 50). Los SSR del SHAC de Ancud compiten por un recurso en déficit, considerando los resultados del 4.1.3., con los múltiples puntos de captación de agua para la industria, el riego, las actividades agropecuarias y la piscicultura de la zona, según lo reportado en la asignación de DAA consuntivos (Figura 48). A la alta demanda hídrica de la actividad agropecuaria durante la estación estival, se suma el aumento del consumo humano por parte de la población flotante asociada al turismo.

Cabe destacar que en todas las zonas se observa una proporción, si bien reducida, de viviendas abastecidas mediante camiones aljibe (Censo 2017), lo que evidencia la escasez de agua potable en todas las zonas para sistemas con ambos tipos de suministro (superficial y subterráneo). De este análisis también se observa que los SSR de mayor escala (mayores a 500 arranques) se alinean casi exclusivamente sobre el eje de la Ruta 5.

Respecto de la tendencia histórica de la demanda de servicios sanitarios, en los 80 se incorporaba un SSR por comuna cada cinco años aproximadamente, una tendencia que se mantiene relativamente constante hasta 2000. Tras este año, la constitución de servicios sanitarios muestra una tendencia al alza importante. En términos generales, se pueden identificar dos etapas en el aumento de los APR (actualmente SSR) en la Isla Grande de Chiloé. Una primera etapa, entre 1980 y el 2000, en la que la tasa de creación de SSR es baja en comparación con lo que sucede a partir del 2000, cuando la tasa de acumulación de nuevos SSR presenta un cambio brusco que se ha mantenido hasta la fecha (Figura 50), en particular para las fuentes subterráneas.

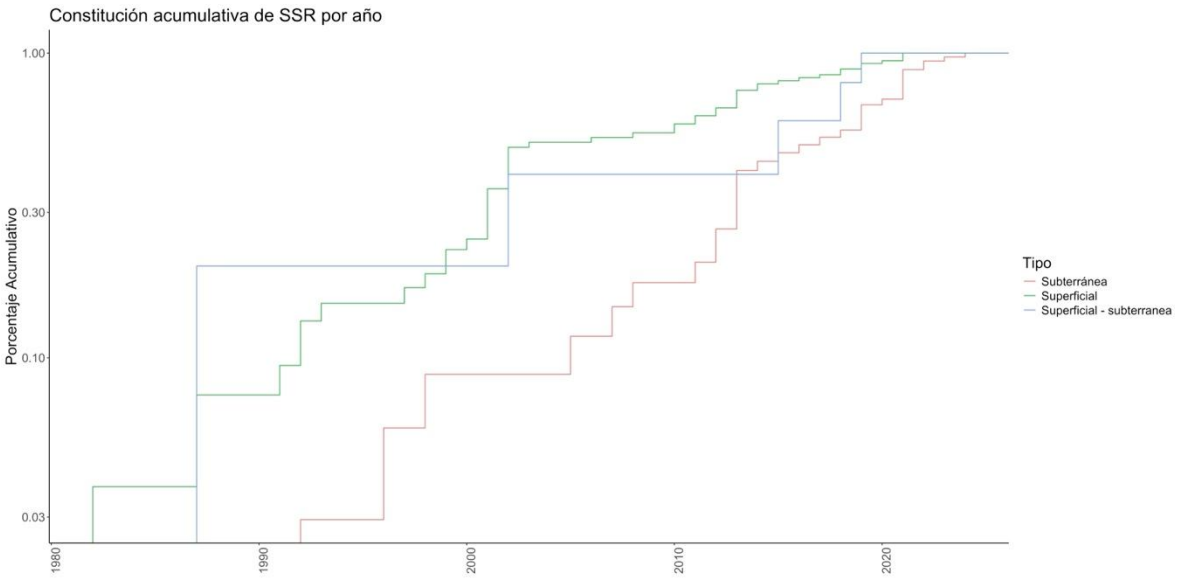


Figura 51. Curva de acumulación de la creación de sistemas sanitarios rurales (APR y SSR) desde 1980 a la fecha para la Isla Grande de Chiloé Fuente: elaboración propia a partir de Base de Datos de DOH Regional

Por otra parte, al analizar la fuente que abastece de agua a los SSR en la Figura 51, se observa que las comunas de Ancud, Quemchi y Queilén cuentan con un número relativamente similar de SSR suministrados por aguas superficiales y subterráneas. En contraposición, Quellón sólo presenta suministro de aguas superficiales y Dalcahue, mayoritariamente, de aguas superficiales. En el otro extremo se encuentra Chonchi, que presenta el mayor número de SSR abastecidas de aguas subterráneas. Si bien esto parece contradictorio con lo mostrado en la Figura 31, se hace la salvedad de que en dicha sección se presentan las fuentes de agua reportadas por los ocupantes de las viviendas. Estas fuentes de agua no necesariamente deben coincidir con las utilizadas por los SSR, sobre todo porque muchos vecinos han instalado sus propias norias (fuente subterránea) para resolver de forma autónoma problemas en la continuidad del suministro de agua durante los periodos estivales.

Ahora bien, si comparamos el caudal de agua entregado por la DGA, considerando diferentes fuentes (Figura 52), Ancud y Quemchi mantienen una distribución relativamente homogénea entre el volumen otorgado por fuentes superficiales y subterráneas, mientras que Queilén presenta un mayor volumen otorgado por fuentes superficiales. También llama la atención Dalcahue que, si bien cuenta con un mayor número de SSR asignadas a fuentes superficiales, en términos de volumen el mayor aporte es subterráneo. Acá cabe evaluar los siguientes aspectos:

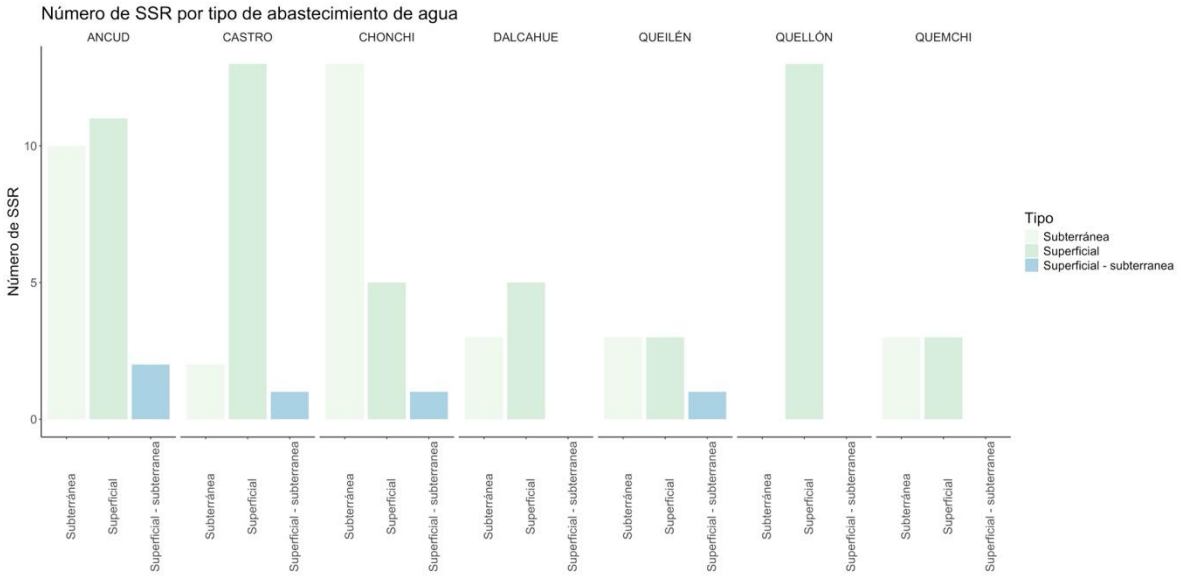


Figura 52. Distribución del número total de SSR por comuna que se abastece de fuentes subterráneas, superficiales o ambas. Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos entregada por la DOH regional.

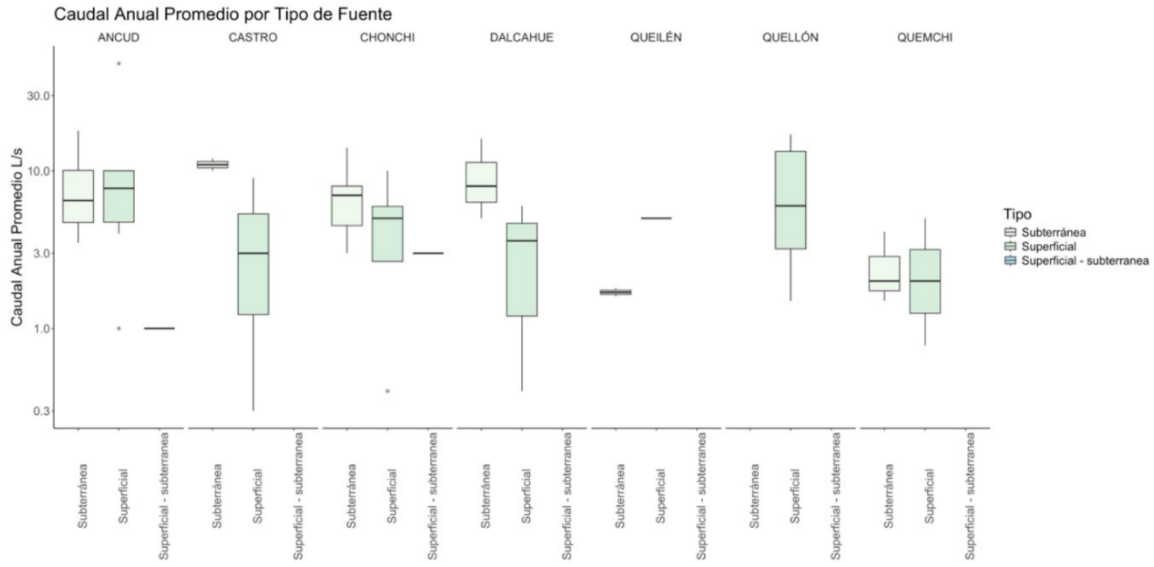


Figura 53. Caudales anuales otorgados por la DGA, considerando diferentes fuentes (subterráneas o superficiales), a los SSR por comuna. Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos entregada por la DOH regional.

3.2.5 MODELO SOCIO-HIDROLÓGICO PARA LA ISLA GRANDE DE CHILOÉ.

Hasta acá se ha realizado un análisis de la situación de la Isla Grande de Chiloé, que abarca diferentes dimensiones expresadas en distintas escalas. Desde lo climático, pasando por un análisis del ordenamiento territorial y del marco normativo y de gobernanza hídrica, hasta la gestión de los SSR en la Isla Grande de Chiloé. Se considera un valor agregado a este estudio poder integrar todas estas variables en un modelo socio-hidrológico de la Isla, que permita desarrollar mejor el contexto socioambiental de los SSR y cómo este determina el grado de vulnerabilidad hídrica de los mismos. Para ello, se generó un modelo preliminar a partir de una revisión bibliográfica, de la retroalimentación de la contraparte y de la discusión con expertos, así como del levantamiento de terreno y de encuestas.

El modelo propuesto describe la relación entre los SSR, como sistemas que operan a escala local y se anidan en sistemas sociodemográficos a escala regional y nacional. A su vez, estos sistemas sociodemográficos se encuentran insertos en un sistema ecológico que constituye la base y el sostén, entregando una serie de beneficios ecosistémicos a la población de la Isla (Figura 54)

Respecto del sistema ecológico, para efectos de este análisis se enfatizó el ciclo hidrológico de la Isla Grande de Chiloé. A partir del modelo socio-hidrológico propuesto, se han identificado factores potenciales que inciden en la disponibilidad de agua en los SSR, como los cambios hidro climáticos, el aumento de la población, los cambios en el uso del suelo (o en la cobertura vegetal), la regulación normativa y la gestión institucional. A continuación, se presenta una descripción detallada de cada nivel jerárquico, desde lo más general hasta lo más local.

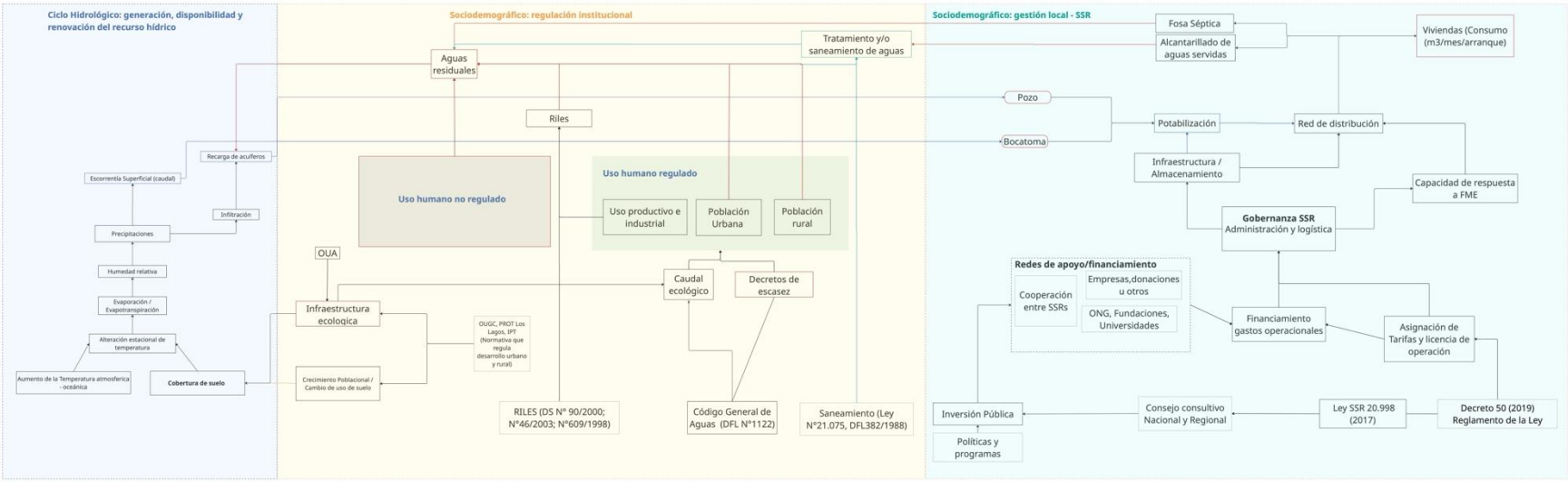


Figura 54. Modelo socio-hidrológico, compuesto por los subsistemas: B) Subsistema de ciclo hidrológico, C) Regulación y gestión institucional, regional y nacional, y D) Gestión de SSR. Fuente: Elaboración Propia. Todas las relaciones expuestas se han recogido de la bibliografía, de los cuerpos normativos y del criterio de expertos.

Dentro del Sistema ecosistémico, el ciclo hidrológico es fuertemente influenciado por la cobertura de uso de suelo dado que esta modula procesos claves, como la evaporación, evapotranspiración, infiltración y modificación estacional de la temperatura, todos factores que operan alterando los patrones de precipitaciones y acumulación de agua en acuíferos. Este cambio de uso de suelo es gatillado por fenómenos demográficos, como el aumento de la población y desarrollo de industrias intensivas, que promueven la impermeabilización del suelo debido a la expansión de áreas urbanas, la tala de bosque nativo y extracción del pomponal, elementos que intensifican la erosión, y degradación del suelo y alteran el equilibro del ciclo hidrológico (Martinez-Retureta et al., 2020; Pizaro-Tapia et al., 2020) (Figura 55).

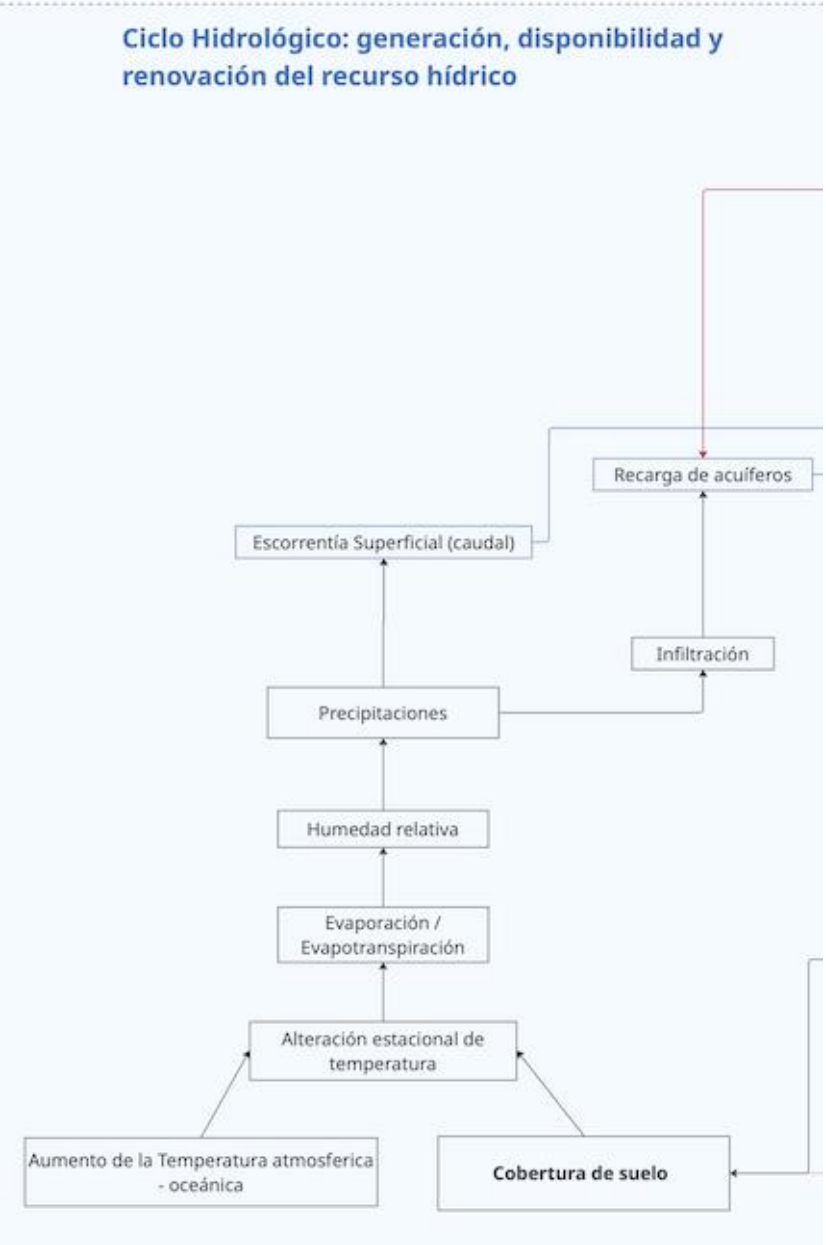


Figura 55. Subsistema de Servicios Ecosistémicos de Provisión de Agua. Fuente: Elaboración Propia. Todas las relaciones expuestas se han recogido de la bibliografía, de los cuerpos normativos y del criterio de expertos.

La alta demanda de agua, en diferentes contextos y usuarios, ha requerido regular su uso tanto en cantidad como en calidad (Figura 56). Los instrumentos normativos representados buscan regular la calidad del agua para uso humano, tanto urbano como rural, y, por otra parte, fijan normas de calidad RILES que se generan como desechos hídricos del uso industrial. En el contexto de la escasez hídrica que ha experimentado Chile en las últimas décadas, en diferentes regiones, se han incorporado al cuerpo normativo modificaciones recientes en materia hídrica, como el caudal ecológico, el establecimiento de sistemas de organización de usuarios a nivel de cuenca y la redistribución de las aguas en caso de escasez, entre otras medidas de emergencia para hacer frente a situaciones extremas de sequía. Sin embargo, existe un uso humano no regulado (que corresponde a pozos y norias u otras soluciones particulares de suministro de agua, que, en el caso de la Isla Grande de Chiloé, son importantes) que escapa a esta normativa y genera una zona gris respecto de la calidad y la cantidad de agua disponible en un territorio dado.

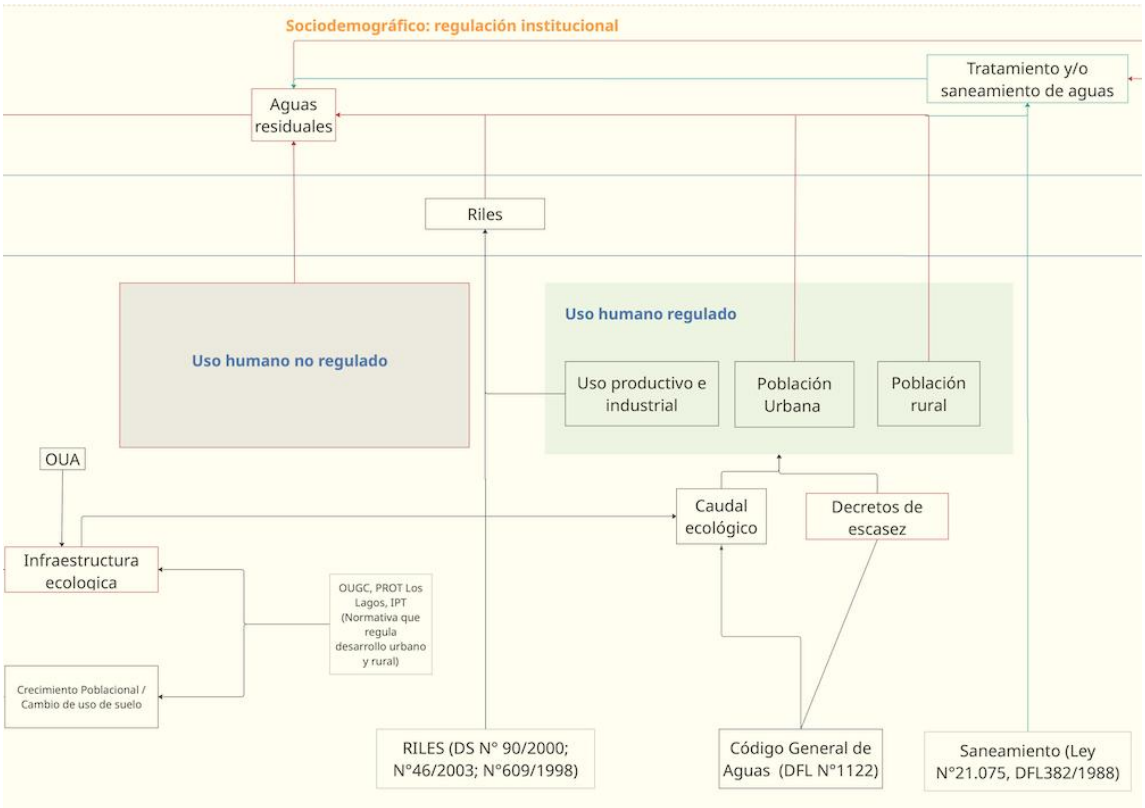


Figura 56. Subsistema de Gestión Institucional Hídrica. Fuente: Elaboración Propia. Todas las relaciones expuestas se han recogido de la bibliografía, de los cuerpos normativos y del criterio de expertos.

Finalmente, en el nivel jerárquico de mayor anidamiento, el modelo esquematiza la dinámica y la operación de un SSR (Figura 57). Su gobernanza y operación responden a los requerimientos normativos representados en el nivel anterior (Figura 56) y deben contar con las capacidades administrativas y logísticas necesarias para realizar todas las labores operativas implicadas en la distribución de las aguas en términos de cantidad, calidad y continuidad. Adicionalmente, se espera que cumplan con las tareas de recolección, tratamiento y disposición final de las aguas. Respecto de este último punto, de los 92 sistemas sanitarios registrados, aparentemente solo dos cuentan con instalación de sistemas de tratamiento de agua, los cuales están en proceso de validación. Por tanto, esto constituye un aspecto débil en la gestión del agua potable rural de la Isla.

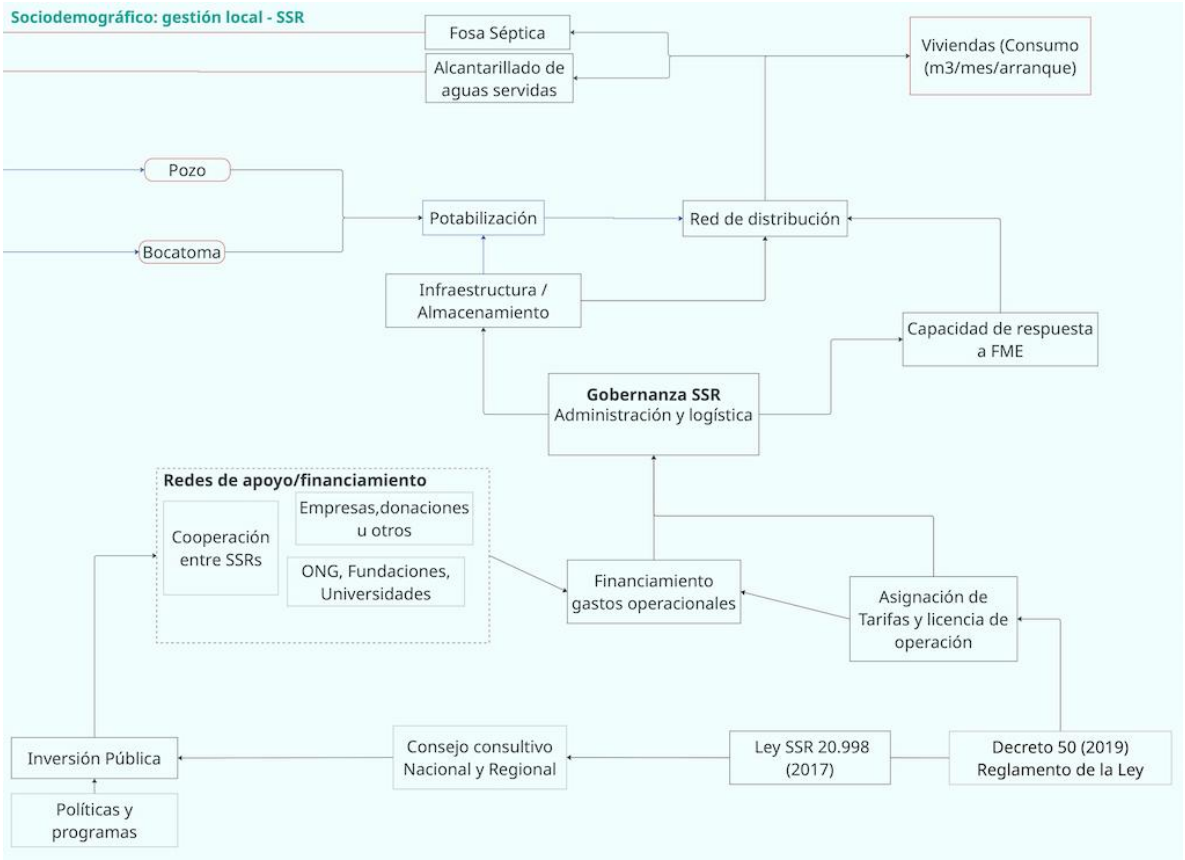


Figura 57. Subsistema SSR. Fuente: Elaboración Propia. Todas las relaciones expuestas se han recogido de la bibliografía, de los cuerpos normativos y del criterio de expertos.

En el numeral 5.1.2 se presenta el mapa de actores y se profundiza en las relaciones y responsabilidades de cada una de las instituciones y actores representados en este modelo socio hidrológico.

4 DEFINICIÓN ÁREA DE ESTUDIO:

A partir del análisis de las tendencias climáticas e hidrometeorológicas, socioeconómicas y de las capacidades instaladas para la gestión de los SSR en la Isla Grande de Chiloé, se realizó una caracterización de diferentes SHAC por macrozona, de forma que fueran representativas de diversos contextos geográficos, socioeconómicos y climáticos, las cuales luego fueron evaluadas y cotejadas con la contraparte del proyecto para seleccionar el área de estudio.

En la macrozona norte se encuentran los SHAC Ancud y Chepu y una porción reducida del SHAC Castro (por lo que se analizará en lo que se definió como macrozona Centro). Para el SAHC de Ancud se observó una baja recarga en sus fuentes subterráneas, una alta presión sobre las fuentes superficiales y subterráneas, y un aumento estacional de la demanda asociado al crecimiento de la población flotante en verano. Actualmente el SHAC Ancud presenta un balance hídrico subterráneo negativo en todos los escenarios hidroclimáticos analizados. Adicionalmente, tanto Ancud como Chepu concentran nuevas presiones territoriales derivadas de las parcelaciones e inversiones públicas como el Puente Chacao, que refuerzan su condición de nodo estratégico de transformación. Por otra parte, algunos de sus SSR presentan características organizacionales, de abastecimiento y de localización que podrían implicar mayores desafíos de adaptación ante escenarios de estrés hídrico.

En la macrozona centro se encuentran los SHAC Castro, Piuchen y Huillinco, para los cuales la situación de recarga de acuíferos subterráneos presenta un balance positivo, por lo que no se pronostican situaciones de déficit en el corto y mediano plazo. No obstante, en términos generales, los registros hidroclimáticos muestran una tendencia decreciente en la precipitación anual, así como un aumento de la temperatura promedio y una estacionalidad más aguda en las lluvias, patrones que se expresan en toda la Isla de forma relativamente homogénea y con un avance de norte a sur, afectando en el corto y mediano plazo a esta macrozona. Particularmente, el SHAC de Castro también enfrenta presiones demográficas crecientes, señales de saturación en los sistemas de agua rural y vulnerabilidades relevantes desde el punto de vista sanitario y territorial. Los alrededores de Castro experimentan un crecimiento poblacional progresivo, lo que incrementa la presión sobre los servicios y la infraestructura hídrica. A su vez, destaca en esta zona, que alberga los SSR más antiguos, así como algunos de constitución reciente, lo que ofrece una alta variabilidad histórica de tipos de administración y de estrategias de gestión del recurso hídrico.

En la macrozona sur se encuentra el SHAC de Quellón, que experimentará los efectos del cambio climático más adelante. Dentro de la Isla Grande, se caracteriza por contar con fuentes superficiales que abastecen adecuadamente a los SSR, sin uso aún de fuentes subterráneas. En este SHAC, los primeros SSR se crearon durante la década de los ’90 y presentan diversos contextos administrativos.

A partir de estos antecedentes y en forma conjunta con la contraparte se han definido los siguientes SSR como una muestra representativa en los tres SHAC descritos. Estos 15 SSR serán el área de estudio del presente informe:

Tabla 13. Cuadro resumen de los SSR seleccionados para el área de estudio.

NOMBRE OFICIAL SSR	COMUNA	SHAC	AÑO CREACIÓN	Nº ARRANQUES	Nº RES	FECHA	TIPO DE FUENTE	CAUDAL OTORGADO DGA (L/S)	TIPO_ASENTAMIENTO	CONDICIÓN_TÉCNICA_SANEAMIENTO
COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL DE CONIMO	ANCUD	ANCUD	2002	105	616	31-07-2009	Superficial - subterranea	1	CONCENTRADO	SIN SANEAMIENTO
COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL DE MANAO	ANCUD	ANCUD	2002	192	356	18-07-2008	Superficial	10	CONCENTRADO	SIN SANEAMIENTO
COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL PUPELDE BAJO LA PLAYA	ANCUD	ANCUD	2001	62	S/I	S/I	Superficial	0,3	CONCENTRADO	SIN SANEAMIENTO
COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL TANTAUCO	ANCUD	ANCUD	2019	122	16723	09-08-2020	Subterránea	18	SEMICONCENTRADO	SIN SANEAMIENTO
COMITÉ PRO-AGUA POTABLE SECTOR CALLE	ANCUD	ANCUD	2015	84	21203	30-08-2021	Superficial - subterranea	9	SEMICONCENTRADO	SIN SANEAMIENTO
COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL DE PID PID	CASTRO	CASTRO	1997	724	25943	22-10-2021	Superficial		CONCENTRADO	SIN SANEAMIENTO
COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL LLAU LLAO	CASTRO	CASTRO	1987	1201	1092	17-06-2010	Superficial - subterranea	Variable	CONCENTRADO	CON SANEAMIENTO
COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL RILAN	CASTRO	CASTRO	1987	130	25587	19-10-2021	Superficial	0	CONCENTRADO	CON SANEAMIENTO

NOMBRE OFICIAL SSR	COMUNA	SHAC	AÑO CREACIÓN	Nº ARRANQUES	Nº RES	FECHA	TIPO DE FUENTE	CAUDAL OTORGADO DGA (L/S)	TIPO_ASENTAMIENTO	CONDICIÓN_TÉCNICA_SANEAMIENTO
COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL PINDACO - QUITRIPULLI	CHONCHI	HUILLINCO	2019	138	S/I	S/I	Superficial - subterranea	3	CONCENTRADO	SIN SANEAMIENTO
COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL ASTILLEROS PUNAHUEL	DALCAHUE	CASTRO	2023	403	S/I	S/I	Subterránea	8	SEMICONCENTRADO	SIN SANEAMIENTO
COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL QUEILEN	QUEILÉN	QUELLÓN	1982	1373	623	09-10-2012	Superficial	45	CONCENTRADO	SIN SANEAMIENTO
COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL DE AUCHAC	QUELLÓN	QUELLÓN	1999	161	22332	09-10-2021	Superficial		CONCENTRADO	SIN SANEAMIENTO
COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL QUILÉN	QUELLÓN	QUELLÓN	2014	80	25813	21-10-2021	Superficial		SEMICONCENTRADO	SIN SANEAMIENTO
COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL VILLA CORCOVADO SAN ANTONIO Y OQUELDÁN	QUELLÓN	QUELLÓN	2001	634	26421	28-10-2021	Superficial	5	CONCENTRADO	SIN SANEAMIENTO
COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL RÍO LLOLLE	QUELLÓN	QUELLÓN	2001	100	S/I	S/I	Superficial	3,94	CONCENTRADO	SIN SANEAMIENTO

5 PROPUESTA DE MEDIDAS PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA SEGURIDAD HÍDRICA DE LOS SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO:

5.1 ACTORES CLAVE INVOLUCRADOS EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS SSR.

El principal objetivo del mapa de actores es identificar todas las organizaciones, instituciones y grupos comunitarios estratégicos relacionados con la gestión de los servicios de saneamiento básico (agua potable, alcantarillado y disposición final de aguas servidas), así como a los beneficiarios de dichos servicios, en las zonas rurales de la Isla Grande de Chiloé. Esto permitirá comprender las influencias y relaciones entre los distintos sectores identificados en el capítulo anterior y la calidad de los servicios que se entregan. Para ello se han considerado organizaciones, empresas, municipios, organismos públicos que trabajen en proyectos comunitarios y/o particulares, relacionados con los SSR de Chiloé, cuyo objetivo sea brindar soluciones y capacitar tanto en el aspecto técnico como normativo para la correcta aplicación de la ley 20.998; así como desarrollar proyectos de ingeniería y de tecnologías que garanticen la calidad del agua para consumo humano, cumpliendo con la normativa NCh 409.

La complejidad del problema ha impulsado la articulación entre actores públicos, privados y de la sociedad civil. Una muestra de ello es la creación de mesas de trabajo y de alianzas público-privadas para proyectos de agua rural. Por ejemplo, el Gobierno Regional de Los Lagos inició en 2023 la elaboración participativa de la Política Regional de Sostenibilidad Hídrica 2023-2033. Esta política busca garantizar la seguridad hídrica con equidad para el desarrollo humano y productivo, abordando las particularidades legales y territoriales de la región. En ese marco se han realizado diálogos ciudadanos en sus 30 comunas y un seminario internacional.

Empresas de ingeniería y de servicios sanitarios que operan tanto en la Isla Grande de Chiloé como en la región de Los Lagos están desarrollando soluciones técnicas a la medida de las necesidades de las comunidades rurales. A su vez, empresas chilotas como Najar, GESSAN, IV Ingeniería, entre otras, aportan experiencia en el diseño y la construcción de obras sanitarias rurales. Emprendimientos de base socioambiental como EcoRumbo o Humedal Chile están introduciendo Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) apropiadas para el entorno austral. Del mismo modo, la recolección de agua de lluvia se perfila como solución en zonas de alta pluviosidad. Por ejemplo, en Caucahué (Quemchi), la tecnología “Isla

Urbana" instalada por Fundación Amulén potabiliza el agua de lluvia, logrando entregar en promedio 120.000 litros anuales por familia, aprovechando los más de 2000 mm de precipitación que caen. Antes de esta intervención, las 16 familias beneficiadas dependían de aguas sin tratar y del acarreo manual. Empresas especializadas en gestión hídrica, como Hidrogestión o Aguas Buchen, están aportando conocimientos profesionales a la administración y operación de sistemas de agua. Esto abre la posibilidad de que los SSR cuenten con apoyo técnico permanente para el mantenimiento de sus redes, la potabilización y la distribución continua.

De acuerdo con lo evidenciado en terreno, las comunidades mantienen una sólida organización local (juntas de vecinos, comités de SSR, etc.), lo cual constituye un punto de partida valioso. Programas como Servicio País (de la Fundación Superación de la Pobreza) han destinado a jóvenes profesionales a comunas isleñas, como Quemchi, para apoyar proyectos de desarrollo local y fortalecer capacidades técnicas tanto en el municipio como en las organizaciones sociales. Por otro lado, fundaciones filantrópicas como la Fundación Lepe promueven el liderazgo comunitario mediante fondos concursables destinados a financiar iniciativas locales en materia de agua y medio ambiente. Un ejemplo es el apoyo a la creación de la red comunitaria de agua potable de Nal Alto (Ancud), donde los propios vecinos, con asesoría técnica financiada, desarrollaron un sistema colaborativo para abastecerse de agua y proteger los bosques y pomponales y así recuperar sus fuentes de agua.

5.1.1 SISTEMATIZACIÓN DE ACTORES CLAVE

Tabla 14. Mapa de actores públicos clave de los SSR en Chiloé: Fuente, elaboración propia a partir de antecedentes del Gobierno Central

ACTORES DEL GOBIERNO CENTRAL				
INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN	GESTIÓN	INFLUENCIA	VINCULACIÓN
Presidencia de la República	Delegado Presidencial Regional	Supervisa y coordina servicios públicos tales como: salud, educación, obras públicas, transporte, etc. Gestión de emergencias y protección civil, coordinando la acción de las municipalidades, de Senapred y de FF.AA y servicios en tiempo real. Ejecuta políticas públicas nacionales en el territorio.	Influencia en la priorización sectorial como la infraestructura MOP, seguridad y programas sectoriales (vivienda, salud, educación) Intermediario político y canalizador de demandas territoriales.	Se articula con el alcalde y los equipos municipales a través de mesas técnicas y del envío de lineamientos. Coordinación de inversiones con la agenda sectorial. Se vincula además con CORE y Gobernador Regional
	Delegado Presidencial Provincia de Chiloé	Se encarga de coordinar, supervisar y alinear a los representantes provinciales/territoriales de ministerios como MOP, Ministerio de Transportes, MINSAL, Servio/MINVU, Sernapesca, SAG, Subpesca, Educación, Senapred, Carabineros y PDI de forma coherente. Emergencias y seguridad pública, así como el despliegue de políticas públicas nacionales que incluyen conectividad, pesca, vivienda e infraestructura.	Intermedia entre los municipios de Chiloé y el nivel regional y/o nacional. Elevando las prioridades del DPR de Los Lagos, gestiona los procesos administrativos con los ministerios.	Se relaciona directamente con los alcaldes, los servicios públicos, el sector productivo y las comunidades, siendo así el puente institucional entre Chiloé y el Estado central.
Ministerio del Interior y Seguridad Pública	Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE)	Financiamiento de estudios para la infraestructura sanitaria. Distribución de recursos y seguimiento financiero Aporte al diseño e implementación con otros organismos	Permite construir soluciones integrales en zonas rurales.	Juega un rol estratégico y articulador en el fortalecimiento de los SSR en la Región de Los Lagos y Chiloé. Aporta recursos financieros, fomenta capacidades técnicas y facilita la

ACTORES DEL GOBIERNO CENTRAL				
INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN	GESTIÓN	INFLUENCIA	VINCULACIÓN
		Capacitación de equipos técnicos regionales		colaboración con otras entidades públicas
	Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SENAPRED)	Organiza y articula la respuesta ante desastres naturales, como temporales y marejadas, cortes de conectividad, inundaciones y anegamientos, incendios y emergencias sanitarias. Activa el Comité de Operaciones de Emergencia, las alertas preventivas, las amarillas y las rojas. Al igual que gestiona recursos para emergencias, tales como maquinaria, equipos de respuesta rápida e implementación de albergues.	Define protocolos que orientan la acción de los servicios públicos e influyen en las decisiones de conectividad y operación, así como en la planificación del riesgo a mediano plazo.	El DPP lidera políticamente las emergencias, mientras que SENAPRED entrega la coordinación técnica mediante la activación de COE, las crisis territoriales, las vocerías y la priorización de mitigaciones. Se vincula con los 10 municipios de Chiloé y con los servicios públicos sectoriales.
Ministerio de Obras Públicas MOP	**Dirección General de Obras Públicas (DGOP)**	La DGOP tiene la función de supervisar el cumplimiento de los Servicios Ejecutores MOP, a saber: Vialidad, Obras Portuarias, Obras Hidráulicas, Aeropuertos y Arquitectura.	La DGOP ejerce una influencia indirecta sobre los SSR al incidir en el territorio mediante infraestructura pública que puede afectar las fuentes de agua y los ecosistemas. Su impacto depende de la incorporación de criterios ambientales y de la participación comunitaria en los proyectos.	Coordina constantemente obras de emergencia, priorización territorial y gestión de crisis. Identifica necesidades viales o de infraestructura y trabaja constantemente en la vinculación Vialidad-DOH: Arquitectura. Junto con SENAPRED y FF.AA, sector productivo, comunidades. Coordinación directa con DPP, municipios, Vialidad, DOH, SENAPRED y MOP.
	Dirección General de Aguas (DGA) - DGA Los Lagos	Lidera la gestión de los recursos hídricos regionales, incluyendo la administración de derechos de agua, fiscalización, y actuaciones técnicas vinculadas a SSR.	Supervigilar el funcionamiento de las organizaciones de usuarios, de acuerdo con lo dispuesto en el Código de Aguas.	Determina la posibilidad legal y técnica para que los SSR operen.
	Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)	Proveer de servicios de infraestructura hidráulica para el óptimo aprovechamiento	Ejecutar la política de asistencia y promoción, administrar el registro de	Acompaña la ejecución y la operatividad de SSR en Chiloé.

ACTORES DEL GOBIERNO CENTRAL				
INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN	GESTIÓN	INFLUENCIA	VINCULACIÓN
		del agua y la protección del territorio y de las personas. Supervisar y administrar los servicios de agua potable y saneamiento en zonas rurales.	operadores, elaborar su clasificación y proponer el aporte estatal. También formula y evalúa proyectos, contrata inversiones sectoriales y actúa como unidad técnica para la contratación de inversiones, además de supervisar la puesta en operación de las obras y solicitar informes a los operadores	Gestiona los recursos y las soluciones ante emergencias. Garantiza el diseño y obras de infraestructura hídrica
	Superintendencia de Servicios Sanitarios Rurales (SISS), que depende de la DOH	Con la Ley 20.998, que regula los SSR, la SISS obtuvo nuevas atribuciones significativas: Fijación de tarifas para SSR de tamaño mediano y mayor. Fiscalización del cumplimiento técnico, financiero y sanitario de estos sistemas. Recepción y atención de reclamos y supervisión de calidad del agua en estos territorios	Fiscalizador regional. Supervisa la calidad del agua, la continuidad del servicio, el cumplimiento legal. Asiste a los operadores de los SSR durante la transición normativa, antes de las sanciones.	Directo – conflicto Respecto de la temporalidad en la aplicación de las facultades fiscalizadoras de la SISS, se menciona en la entrevista que, a partir del 21 de noviembre de 2024, se inició el proceso de fiscalización de los SSR que están en el segmento mayor (601 arranques en adelante). En relación con los del segmento mediano (301 a 600 arranques), las fiscalizaciones se iniciarán el 20 de noviembre del presente año.
	Secretaría Regional Ministerial SEREMI MOP	La SEREMI MOP es la representación regional del Ministerio de Obras Públicas. Su rol principal es coordinar, supervisar y ejecutar las políticas, programas y obras del MOP en el territorio.	Maneja proyectos estratégicos que afectan la vida cotidiana, como rutas, puentes, borde costero, APR y obras civiles Es quien define las prioridades de inversión regional, lo que afecta	Solicita recursos, informa sobre avances, eleva requerimientos y recibe lineamientos técnicos. Coordina proyectos emblemáticos (p. ej., puentes, mejoras viales estratégicas).

ACTORES DEL GOBIERNO CENTRAL				
INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN	GESTIÓN	INFLUENCIA	VINCULACIÓN
			directamente qué proyectos avanzan y cuáles se postergan. Tiene el poder para acelerar, frenar o reorientar obras de alto impacto (por ejemplo, conectividad interna, rutas costeras, infraestructura resiliente, protección hídrica). Su voz es clave en mesas interministeriales, en emergencias de conectividad y en definiciones de desarrollo territorial.	Municipios de Chiloé para necesidades de mantención, rutas, saneamiento rural, permisos y coordinación comunitaria. Participación en mesas territoriales, acuerdos locales y priorización de obras críticas.
Ministerio de Medio Ambiente	Secretaría Regional Ministerial (SEREMI Medio Ambiente)	Coordina e implementa las políticas ambientales del Ministerio en la región. Supervisa evaluaciones ambientales, fiscalizaciones en coordinación con la SMA, la gestión de ecosistemas, la biodiversidad, los residuos y los planes de descontaminación o de conservación. En Chiloé, su foco está en los humedales, el borde costero, los residuos, la acuicultura y la protección de ecosistemas sensibles.	Alta incidencia en las decisiones territoriales que requieren aprobación ambiental. Su opinión técnica puede habilitar, condicionar o frenar proyectos. Incide en las regulaciones para actividades productivas (acuicultura, infraestructuras, manejo de residuos) y en la protección de áreas ecológicas estratégicas.	Trabaja con municipios, SMA, Sernapesca, CONAF, MOP, GORE y organizaciones territoriales. Participa en comités ambientales, mesas de conservación y en procesos de evaluación ambiental (SEA). Se vincula estrechamente con las comunidades locales debido a conflictos socioambientales y a la gestión de humedales urbanos y áreas protegidas.
Ministerio de Agricultura	Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)	Fiscaliza y regula la sanidad animal y vegetal, certifica productos agrícolas, controla plagas, protege el bienestar animal y supervisa los movimientos de ganado. En Chiloé, juega un rol clave en la prevención de enfermedades pecuarias, el control de la fauna silvestre, la	Alta influencia en los sectores productivos rurales. Sus decisiones pueden permitir o restringir las actividades agrícolas, ganaderas y forestales. Su rol sanitario impacta especialmente en la cadena ovina,	Trabaja con INDAP, municipios, GORE, organizaciones campesinas, CONAF y Sernapesca (en torno a la interacción entre la fauna doméstica y la marina), además de con productores locales y exportadores.

ACTORES DEL GOBIERNO CENTRAL				
INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN	GESTIÓN	INFLUENCIA	VINCULACIÓN
		protección de los bosques nativos y la regulación de las actividades agrícolas y agroexportadoras. Autoriza y certifica las divisiones de parcelaciones para asegurar que no se pierda el uso agrícola y se cumplan las normativas (como el mínimo de 0.5 hectáreas)	bovina y en pequeñas agriculturas familiares. También incide en proyectos que afectan a la biodiversidad o a las especies protegidas.	Participa en mesas rurales, sanitarias y de desarrollo productivo; coordina emergencias zoosanitarias y acciones de prevención en el territorio.
	Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP)	Prestan apoyo a pequeños agricultores para que desarrollen servicios turísticos que complementen su actividad silvoagropecuaria, ofreciendo alojamiento, gastronomía, paseos y actividades en el campo, a fin de potenciar sus ingresos y arraigarse en el territorio. El programa brinda asesoría técnica y financiera para consolidar emprendimientos que valoricen la identidad campesina y la vida rural, y conecten a los visitantes con la naturaleza, las tradiciones y la cultura local.	Mediante un modelo público-privado se desarrollan mesas de convergencia para el desarrollo local, con un enfoque integral que impulsa la colaboración entre actores públicos y privados.	Colabora con municipios, GORE, SAG, organizaciones campesinas. Participa en mesas rurales, sanitarias y de desarrollo productivo; coordina emergencias zoosanitarias y acciones de prevención en el territorio.
	Comisión Nacional de Riego (CNR)	Administra e impulsa políticas, programas y concursos de inversión en infraestructura de riego y drenaje. En Chiloé, focaliza principalmente en soluciones de pequeña escala, acumulación de agua, tecnificación hídrica, obras de captación y eficiencia para la agricultura familiar campesina. Coordina estudios de disponibilidad hídrica y prioriza proyectos en zonas con estrés hídrico.	Su financiamiento puede habilitar o acelerar proyectos de riego rural, mejorar la productividad agrícola y reducir la vulnerabilidad hídrica. Su apoyo incide en el desarrollo de organizaciones de usuarios de agua y en la modernización del sector agropecuario local.	Trabaja con INDAP, municipios, GORE Los Lagos, SAG, DOH/MOP, comunidades rurales, comités de APR y organizaciones campesinas. Participa en mesas sobre agua, seguridad hídrica y desarrollo rural. Su coordinación técnica con DOH y SUBDERE es clave para priorizar y complementar las inversiones en infraestructura hídrica.

ACTORES DEL GOBIERNO CENTRAL				
INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN	GESTIÓN	INFLUENCIA	VINCULACIÓN
Ministerio de Economía	SEREMI de Economía, Fomento y Turismo	Implementa las políticas del Ministerio de Economía en la región. Coordina acciones de fomento al productivo, al turismo, al emprendimiento y a la regulación económica. Supervisa y articula los servicios dependientes (SERNATUR, SERCOTEC, CORFO, SERNAPESCA, INE) y apoya la formalización y el desarrollo de actividades económicas locales.	Pueden priorizar sectores estratégicos, abrir rutas de financiamiento, promover inversiones o impulsar regulaciones que afectan actividades clave como el comercio, la pesca, los servicios y el turismo. Su criterio incide en la planificación económica del archipiélago.	Trabaja con municipios, GORE, cámaras de turismo/comercio, Corfo, Sercotec, Sernatur, INDAP y comunidades locales. Participa en mesas de reactivación, turismo y desarrollo productivo en el territorio.
	Corporación Nacional de Fomento (CORFO)	Administra instrumentos de financiamiento, programas de emprendimiento, innovación, encadenamientos productivos y apoyo a inversiones. En Chiloé se centran el turismo, la agroindustria, la economía creativa, las energías y el fortalecimiento de las mipymes.	Subsidios, capitales semilla y programas (PTI, Nodos, Innova, etc.) pueden dinamizar sectores completos, impulsar nuevos mercados y acelerar proyectos estratégicos locales.	Coordina con el SEREMI de Economía, los municipios, Sercotec, Sernatur, GORE, las cámaras empresariales, las cooperativas locales y las universidades. Participa en mesas de desarrollo productivo, innovación y diversificación económica.
	Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA)	Fiscalización y gestión sanitaria del sector pesquero y acuícola en Chile, con el objetivo de promover la sustentabilidad de los recursos hidrobiológicos y sus ecosistemas mediante la aplicación de normativas, el control de la inocuidad, el manejo de la acuicultura (sanitaria y ambiental) y la fiscalización de la pesca (recreativa, comercial e ilegal), para asegurar el cumplimiento legal y proteger la biodiversidad.	Sus evaluaciones y fiscalizaciones pueden influir en los sectores productivos acuícolas y de piscicultura, permitiendo o restringiendo sus actividades. Su rol sanitario impacta especialmente en la cadena de la salmonicultura y la acuicultura.	Trabaja con Subsecretaría de Pesca, municipios, GORE, y SAG, además de miticultores y salmonicultores locales y exportadores.
	Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR)	Promueve el desarrollo turístico, coordina estrategias y destinos, certifica la calidad (Sello Q), impulsa campañas de promoción y	Puede orientar inversiones, posicionar Chiloé como destino, fortalecer la oferta turística y apoyar a los	Colabora con municipios, cámaras de turismo, SEREMI de Economía, Corfo, Sercotec, comunidades locales,

ACTORES DEL GOBIERNO CENTRAL				
INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN	GESTIÓN	INFLUENCIA	VINCULACIÓN
		apoya la planificación turística. En Chiloé se enfoca en el turismo cultural, la naturaleza, el ámbito rural y el identitario.	emprendedores. Su validación técnica influye en los planes municipales de turismo y en los proyectos territoriales.	anfitriones turísticos y GORE. Integra mesas de destino, circuitos turísticos y estrategias de promoción.
Ministerio de Desarrollo Social y Familia	Corporación Nacional de Desarrollo Indígena (CONADI)	Implementa políticas de desarrollo indígena: compra de tierras, apoyo productivo a las comunidades, fortalecimiento cultural, asesoría jurídica y protección de derechos. En Chiloé, trabaja principalmente con comunidades y familias huilliches en temas de territorio, agua, proyectos productivos y patrimonio cultural.	Sus decisiones inciden en el uso de las tierras, la gestión de los recursos naturales, los proyectos de desarrollo local y los conflictos socioambientales. Aporta criterios sobre pertinencia cultural en proyectos públicos y privados	Relacionamiento directo con comunidades, municipios, Seremi Social, Seremi Medio Ambiente, MOP, SAG, CNR, GORE y organizaciones tradicionales. Participa en mesas de pueblos originarios, en comités de tierras y en procesos de consulta indígena.
Ministerio de Salud	Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) Los Lagos	Tiene como misión garantizar el derecho a la protección de la salud, mediante la regulación, fiscalización y adaptación de políticas sanitarias a la realidad regional, incluyendo la protección del agua potable y saneamiento en zonas rurales	Verificación continua de la calidad y el funcionamiento de los SSR. Aseguran planes estructurados de seguridad del agua. Otorgan autorizaciones y validan la operatividad de los servicios rurales. Apoyo directo a comités de SSR con seguimiento técnico	Trabaja con municipios, GORE, Delegación Presidencial Provincial de Chiloé, juntas de vecinos, organizaciones territoriales e instituciones sectoriales. Participa en mesas de comunicación, participación y gestión comunitaria. Articula información en emergencias y coordina vocerías con servicios como SENAPRED, MOP, Salud o Medio Ambiente.

Tabla 15. Mapa de actores públicos clave de los SSR en Chiloé - Gobierno Local - Elaboración Propia

ACTORES DEL GOBIERNO LOCAL				
INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN	GESTIÓN	INFLUENCIA	VINCULACIÓN
Gobierno Regional	División de Infraestructura	Contribuir a mejorar la calidad de vida de la población de escasos recursos que habita en condiciones de marginalidad sanitaria, mediante la construcción de infraestructura para la prestación de los servicios básicos de agua potable y alcantarillado sanitario. Reducir el déficit de cobertura de los servicios de abastecimiento de agua y de disposición adecuada de aguas servidas en las áreas rurales mediante soluciones costo-efectivas y sostenibles a largo plazo.	Gestión de estudios sobre brechas en SSR y de planificación técnica. Supervisión de licitaciones clave para analizar las necesidades de los SSR. Apoyo estratégico en políticas territoriales que pueden afectar a los SSR	A través de su figura como financista, se vincula con la SUBDERE y aquellas instituciones que asignan, evalúan y supervisan proyectos de inversión para mejora de infraestructura y gestión de los SSR.
	Consejo Consultivo Regional SSR – Los Lagos	Mesa con representación multisectorial Asesora al Consejo Consultivo Nacional en la orientación de la política de asistencia y de promoción de los servicios sanitarios rurales.	Tienen la misión de velar por el buen funcionamiento de los SSR. Para ellos, este consejo deberá aprobar anualmente el programa de capacitación en competencias técnicas, organizacionales y otras competencias para dirigentes y trabajadores/as del sector de servicios rurales, propuesto por la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales, con la finalidad de velar por el buen funcionamiento de los servicios.	Documento resolución candidatos electos región Los Lagos *LINK*
Asociación Provincial de		Agrupa a los municipios de la provincia para coordinar posiciones comunes,	Puede presionar por inversiones, priorizar demandas y articular visiones unificadas	Colabora con GORE, ministerios, servicios públicos, organizaciones

ACTORES DEL GOBIERNO LOCAL				
INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN	GESTIÓN	INFLUENCIA	VINCULACIÓN
Municipios de Chiloé		impulsar proyectos intercomunales y negociar con los niveles central y regional. Actúa en temas de infraestructura, conectividad, residuos, planificación territorial y desarrollo productivo.	de la provincia frente al GORE, a los ministerios y a los servicios.	locales y el mundo privado. Participa en mesas macroterritoriales, en la planificación estratégica y en proyectos provinciales.
Asociación de Municipios del Sur de Chiloé (AMSUR)		Organiza y articula a los municipios del sur de Chiloé (Quellón, Queilen, Quinchao, Puqueldón y otros según el período), para coordinar necesidades comunes en infraestructura, conectividad, servicios públicos, desarrollo productivo, turismo y gestión territorial. Impulsa proyectos intercomunales y representa los intereses compartidos del sur del archipiélago.	Influencia política y territorial significativa: agrupa prioridades municipales y las eleva con mayor peso ante el Gobierno Regional, los ministerios y los parlamentarios. Incide especialmente en temas de conectividad marítima, vialidad, descentralización, agua potable rural, desarrollo pesquero/artesanal y planificación territorial.	Trabaja estrechamente con GORE Los Lagos, MOP, SUBDERE, Sernapesca, Sernatur, CONADI y servicios públicos con presencia en el territorio. También se articula con organizaciones sociales, comunidades indígenas, sindicatos de pesca artesanal y juntas de vecinos. Participa en mesas provinciales y comités de coordinación con otros municipios de Chiloé.
Asociación de Municipios de Desarrollo Intercomunal de Chiloé.		Coordina proyectos intercomunales de mayor escala: planificación territorial, movilidad, gestión ambiental, gestión de residuos y desarrollo costero. Impulsa iniciativas que requieren la integración entre varias comunas.	En temas de planificación territorial y de proyectos comunes, pues actúa como voz colectiva de los municipios.	Con GORE, MOP, MINVU, SUBDERE, SEA, CONAF, SERNATUR y otros organismos regionales. Participa en mesas provinciales, ambientales y de infraestructura.
Ilustre Municipalidad de Ancud	Departamento de agua	Gestiona planes orientados a la prevención, atención eficiente, eficaz y económica de las demandas de agua potable de la comunidad. Coordinar con otros organismos públicos y privados sin	Coordinar actividades y reuniones de trabajo con organismos públicos y privados.	Vinculación directa con los SSR

ACTORES DEL GOBIERNO LOCAL				
INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN	GESTIÓN	INFLUENCIA	VINCULACIÓN
		fines de lucro, realizar estudios y brindar orientaciones para la concreción de proyectos que permitan solucionar la crisis hídrica en los distintos sectores de la comuna.		
Ilustre Municipalidad de Quemchi	Oficina de Asuntos Hídricos	Involucrado en diseño de redes desde el municipio y en apoyo a comités SSR frente a fallas		Vinculación directa con los SSR
Ilustre Municipalidad de Dalcahue	Oficina de Emergencias Hídricas	Llevar a cabo las gestiones necesarias para asegurar el acceso de la comunidad al agua.		Vinculación directa con los SSR
Ilustre Municipalidad de Castro	Secplan / Proyectos SSR	Fomentar las vinculaciones técnicas entre las unidades municipales, los servicios públicos y el sector privado en materias propias de su competencia.	Técnica y formulación de proyectos de agua potable y alcantarillado (rural y urbano) de la comuna de Castro	Vinculación directa con los SSR
Ilustre Municipalidad de Chonchi	Secplan	Asesorar al alcalde y al concejo municipal en la definición de políticas y la elaboración de estrategias para el desarrollo de la comuna de Chonchi.	Técnica y formulación de proyectos de Agua Potable y Alcantarillado (Rural y Urbano) de la comuna de Castro	Vinculación directa con los SSR
Ilustre Municipalidad de Queilén	Secplan	Asesorar al alcalde y al concejo municipal en la definición de políticas y la elaboración de estrategias para el desarrollo de la comuna de Queilén.	Técnica y formulación de proyectos de Agua Potable y Alcantarillado (Rural y Urbano) de la comuna de Castro	Vinculación directa con los SSR
Ilustre Municipalidad de Quellón	Secplan / proyectos SSR	Asesorar al alcalde y al concejo municipal en la definición de políticas y la elaboración de estrategias para el desarrollo de la comuna de Quellón.	Técnica y formulación de proyectos de Agua Potable y Alcantarillado (Rural y Urbano) de la comuna de Castro	Vinculación directa con los SSR

Tabla 16. Mapa de actores privados clave de los SSR en Chiloé: Actores privados y Usuarios de Agua - Elaboración Propia

ACTORES PRIVADOS Y USUARIOS DE AGUA				
INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN	GESTIÓN	INFLUENCIA	VINCULACIÓN
Asociación Comunal de APR de Chiloé	Asociación	Instancias que agrupan a varios comités y cooperativas de agua potable rural dentro de una comuna. Su gestión busca coordinar esfuerzos entre los SSR, fortalecer capacidades técnicas y administrativas, y representar intereses comunes ante el municipio, la DOH y otros organismos públicos. Actúan como puente entre el nivel local (comités) y el nivel institucional.	Tienen capacidad para incidir en la planificación comunal, canalizar proyectos de inversión y dar voz conjunta a los SSR en los procesos de negociación y coordinación institucional. Funcionan como un actor articulador clave que puede facilitar la relación con las instituciones públicas y privadas, y reforzar la resiliencia de los SSR ante escenarios de sequía, aumento de población o conflictos de uso de agua. **Desafíos:** Su influencia depende del nivel de participación de los comités y del apoyo municipal y estatal; en algunos casos, carecen de recursos financieros o técnicos para responder a todas las necesidades.	Se vinculan con administraciones de los SSR para apoyar mejoras en su capacidad de gestión colectiva, promoviendo instancias de capacitación y asesoría técnica, y a través de economías de escala (ej: compras conjuntas, asistencia compartida, entre otros).
Unión Comunal de Ancud	Unión Comunal	Ancud creó recientemente una Unión Comunal de APR que agrupa los comités rurales de agua potable de la comuna. Esta instancia busca fortalecer la representación, coordinar proyectos y gestionar recursos para mejorar la infraestructura y la calidad del servicio.	Sus acciones incluyen la organización de **mesas de trabajo con autoridades** para diagnosticar necesidades, y la **gestión de proyectos de infraestructura** como instalación de bombas, filtros y sistemas decantadores en sectores críticos. Además, ha impulsado la construcción de **nuevos sistemas de APR en localidades rurales, beneficiando a cientos de**	

ACTORES PRIVADOS Y USUARIOS DE AGUA				
INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN	GESTIÓN	INFLUENCIA	VINCULACIÓN
		Es la tercera organización de este tipo en Chiloé, lo que marca un avance en la articulación territorial para enfrentar desafíos hídricos	**familias con acceso seguro al agua potable, gracias a las** inversiones del MOP, Subdere y el Gobierno Regional.	
Unión Comunal de Quellón	Unión Comunal	Cumple un rol clave en la articulación de los comités de agua potable rural de la comuna, trabajando junto a las autoridades regionales y municipales para asegurar el acceso al recurso hídrico en los sectores rurales.	Sus acciones se han centrado en presentar petitorios y necesidades al Consejo Regional, priorizando proyectos de diseño, ejecución y conservación de sistemas APR, así como proponiendo soluciones innovadoras, como el uso de energía solar, para reducir costos operativos.	
Asociación Comunal de APR de Chiloé	Asociación	Instancias que agrupan a varios comités y cooperativas de agua potable rural dentro de una comuna. Su gestión busca coordinar esfuerzos entre los SSR, fortalecer capacidades técnicas y administrativas y representar intereses comunes ante el municipio, la DOH y otros organismos públicos. Actúan como puente entre el nivel local (comités) y el institucional.	Baja a media en el territorio según su grado de organización. Tienen capacidad para incidir en la planificación comunal, canalizar proyectos de inversión y dar voz conjunta a los SSR en los procesos de negociación y de coordinación institucional. Funcionan como un actor articulador clave que puede facilitar la relación con las instituciones públicas y privadas, y reforzar la resiliencia de los SSR ante escenarios de sequía, aumento de población o conflictos de uso de agua.	Mejoran la capacidad de gestión colectiva de los SSR, generan instancias de capacitación y asesoría técnica, y fortalecen la sostenibilidad de los SSR mediante economías de escala (p. ej., compras conjuntas, asistencia compartida, entre otros). **Desafíos:** Su influencia depende del nivel de participación de los comités y del apoyo municipal y estatal; en algunos casos, carecen de recursos financieros o técnicos para responder a todas las necesidades.

ACTORES PRIVADOS Y USUARIOS DE AGUA				
INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN	GESTIÓN	INFLUENCIA	VINCULACIÓN
Consejo Consultivo Regional SSR – Los Lagos	Mesa con representación multisectorial	En cada región existirá un Consejo Consultivo Regional que asesorará al Consejo Consultivo Nacional en la orientación de la política de asistencia y promoción de los servicios sanitarios rurales.	Tienen la misión de velar por el buen funcionamiento de los SSR. Para ellos, este consejo deberá aprobar anualmente el programa de capacitación en competencias técnicas, organizacionales y otras competencias para dirigentes y trabajadores/as del sector de servicios rurales, propuesto por la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales, con la finalidad de velar por el buen funcionamiento de los servicios.	Documento resolución candidatos electos región Los Lagos *LINK*
Cámaras de Comercio y Turismo	Cámaras de Turismo en la Isla Grande de Chiloé	Son agrupaciones privadas que reúnen empresas que prestan servicios a la industria del turismo, y que promueven el fomento de la actividad turística en la zona a partir de la oferta de servicios y actividades comunitarias.	No tienen relación directa con los SSR, sin embargo, al ser el turismo uno de los factores relevantes en el contexto de la escasez hídrica, podrían existir espacios de colaboración para lograr una gestión más eficiente del recurso.	Cámara de Turismo de Chonchi (*LINK*), Cámara de Comercio y Turismo de Ancud (*LINK*), Cámara de Comercio y Turismo de Dalcahue, Cámara de Turismo de Castro (*LINK*), Cámara de Turismo de Queilén (*LINK*),
Empresas Consumidoras de Agua	Industria Salmonera y Mitilicultora	Empresas con fuerte presencia en la Isla Grande de Chiloé, que desempeñan sus labores en tierra y en el agua mediante la recolección de moluscos y algas, el cultivo y la engorda de salmones.	Generan puestos de trabajo directos e indirectos (subcontratos y proveedores) que impulsan el crecimiento y el desarrollo. A su vez, generan presión adicional sobre la disponibilidad del recurso hídrico y, eventualmente, afectan su calidad al generar fuentes de contaminación.	Se vinculan con los municipios, CORFO y GORE, contribuyendo a la inversión de la provincia y a su crecimiento socioeconómico. Con las administraciones de los SSR, mediante patrocinios y financiamiento de mejoras en la infraestructura de los SSR, como parte de programas de responsabilidad social empresarial. Y,

ACTORES PRIVADOS Y USUARIOS DE AGUA				
INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN	GESTIÓN	INFLUENCIA	VINCULACIÓN
				con los beneficiarios de los SSR, dado el aumento de la población vinculada a la industria, aumenta la demanda hídrica en la isla.
	Industria Agrícola y Ganadera	Empresas y productores que están particularmente presentes en el norte de la Isla, SHAC de Ancud	Generan puestos de trabajo que impulsan el crecimiento y el desarrollo de la isla, y además proveen a la autonomía alimentaria. A su vez, generan presión adicional sobre la disponibilidad del recurso hídrico, en particular durante la temporada estival, debido a técnicas de regadío por tendido.	Se vinculan con los municipios, CORFO y GORE, contribuyendo a la inversión de la provincia y a su crecimiento socioeconómico.
Empresas especializadas	Ecorumbo	Empresa ubicada en Chiloé que impulsa soluciones sustentables para enfrentar desafíos mediante educación, restauración ecológica, bioconstrucción y tecnologías verdes. Trabaja junto a comunidades, organizaciones y territorios, promoviendo un desarrollo más justo y resiliente	Realizan capacitaciones a nivel técnico para operadores de SSR y sobre la aplicación de la Ley 20.998	Vinculación directa con administraciones y planta técnica de diversos SSR de Chiloé
	Najar	Desde 1989, compuesto por empresas de los rubros de ingeniería, construcción y servicios, permite responder a los requerimientos de los clientes en la zona sur de Chile. Con dos generaciones de profesionales, tanto técnicos como ingenieros, se ha permitido el desarrollo continuo de	Servicios de ingeniería para SSR y plantas modulares de potabilización.	Vinculación directa con administraciones y planta técnica de diversos SSR de Chiloé, a través de proyectos de asignación directa y/o mediante licitaciones para los SSR

ACTORES PRIVADOS Y USUARIOS DE AGUA				
INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN	GESTIÓN	INFLUENCIA	VINCULACIÓN
		nuevos y mejorados servicios y productos, gracias a la innovación y al avance tecnológico.		
	Gessan	Es una empresa familiar cuyo origen se remonta al emprendimiento de Lorenzo García Villegas en el año 2000. Lorenzo forjó su conocimiento, habilidades y experiencia trabajando en diferentes áreas de empresas del rubro.	Soluciones sanitarias, agua potable y alcantarillado	Vinculación directa con administraciones y planta técnica de diversos SSR de Chiloé, a través de proyectos mediante licitaciones para los SSR
	Ingesym Ingenieros Ltda. Schnettler y Morelli Ingeniería limitada	Empresa de ingeniería que ha realizado diversos estudios y proyectos relacionados con sistemas de agua potable rurales en la Región de Los Lagos.	Prestan servicios de ingeniería para estudios y el desarrollo de proyectos de infraestructura.	Vinculación directa con administraciones y planta técnica de diversos SSR de Chiloé, Ej: Diseño de Ingeniería de Instalación para SSR Huicha
	IV Ingeniería	Empresa radicada en Castro, con experiencia en el desarrollo de estudios y el diseño de proyectos de agua potable rural.		Vinculación directa con administraciones y planta técnica de diversos SSR de Chiloé, Ej: Construcción SSR Ducan, Castro *LINK*
	Hidrogestión	Empresa de ingeniería experta en el campo de las aguas subterráneas y en proyectos de obras civiles, hidráulicas, energéticas, sanitarias y de urbanización, en la construcción de viviendas y otros proyectos	Amplia variedad de servicios de diseño y soluciones para infraestructuras de agua y saneamiento: obras civiles, plantas de bombeo, tratamiento de aguas y sistemas de evacuación de aguas pluviales, entre otras materias relacionadas.	Colabora con GORE Los Lagos en la puesta en marcha y elaboración de política para sostenibilidad hídrica de la región.

ACTORES PRIVADOS Y USUARIOS DE AGUA				
INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN	GESTIÓN	INFLUENCIA	VINCULACIÓN
Empresas de Servicios	Saesa	Proveedor de energía eléctrica en gran parte del sur de Chile, incluidas las zonas rurales de Chiloé. Su gestión se centra en el suministro y la mantención de redes eléctricas, con foco en garantizar la continuidad y la cobertura del servicio.	Afecta a la totalidad de SSR que requiere suministro eléctrico, ya que la estabilidad y calidad del suministro condicionan la continuidad del abastecimiento de agua potable. Los microcortes o las variaciones de voltaje pueden ocasionar desperfectos en los equipos eléctricos de los SSR.	Vinculación directa con la administración de los SSR.
	Suralis	Principal empresa de servicios sanitarios en la Región de Los Lagos, incluida Chiloé. Anteriormente se llamaba Essal	Apoya dentro de su RSE el desarrollo de algunos proyectos de SSR en la isla de Chiloé en ámbitos como Proyectos de infraestructura y renovación Soluciones Innovadoras para contingencias Convenios para el diseño de sistemas sanitarios Enfoque comunitario y resiliencia	Vinculación directa con administraciones y planta técnica de diversos SSR de Chiloé, ej: Sistema de potabilización de aguas lluvias en escuela de Pilluco

Tabla 17. Mapa de actores clave de los SSR en Chiloé: Actores de la Sociedad Civil - Elaboración Propia

ORGANIZACIONES DE LA SOCIEDAD CIVIL				
NOMBRE	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	GESTIÓN SSR	MÁS INFORMACIÓN
Huella Local	Formulación y gestión de proyectos con financiamiento público-privado.	Es una organización sin fines de lucro dedicada a promover el desarrollo equitativo en los territorios de Chile. Desde su creación, ha trabajado para reducir las brechas de desigualdad mediante la colaboración entre los municipios, las empresas y las comunidades locales.	A través de un modelo público-privado, se han desarrollado mesas de convergencia para el desarrollo local, con un enfoque integral que fomenta la colaboración entre actores públicos y privados.	Proyecto de desarrollo de ingeniería para SSR de Puchilco en Puqueldón. *LINK*
Fundación Amulén: La Fundación del Agua	Articulación de proyectos comunitarios	La Fundación Amulén promueve el desarrollo de comunidades vulnerables mediante el acceso al agua, mejorando su calidad de vida. Su foco de trabajo es sensibilizar a la población sobre la escasez hídrica y la importancia del agua como motor del desarrollo de las personas y sus familias.	Su modelo de intervención pone a las personas en el centro y considera cuatro pilares fundamentales para la implementación de todo proyecto: (1) escuchar y conectar, (2) la tecnología y la innovación, (3) la articulación y la colaboración y (4) resultados y sostenibilidad.	Sistema de captación de agua y potabilización, Escuela Rural Chayahué, Calbuco. *LINK*
Servicio País; Fundación para la Superación de la Pobreza	Formulación y postulación de proyectos	Promueve mayores grados de equidad e integración social que aseguren el desarrollo humano sustentable de las personas que hoy viven en situación de pobreza y exclusión social.	Plan de intervención territorial Quemchi: Generar redes estratégicas locales que fomenten la vinculación entre grupos humanos y organizaciones para el fomento y revaloración de las tradiciones culturales chilotas y apoyar la ejecución de iniciativas comunitarias, dirigidas a promover el desarrollo de experiencias turísticas sustentables y la valoración del recurso hídrico.	*LINK*
MAPA; Red de Turberas de Chiloé	Estudios, educación y concientización	Trabaja activamente en la Red de Turberas de Chiloé, con un enfoque en	Sus principales acciones son la promoción de turberas y la incidencia en políticas públicas, lo que incide en el cuidado de ecosistemas asociados a las SSR	LINK

ORGANIZACIONES DE LA SOCIEDAD CIVIL				
NOMBRE	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	GESTIÓN SSR	MÁS INFORMACIÓN
		la conservación, la educación y la articulación territorial.		
Fundación Senda Darwin	Estudios, educación y concientización	Participa en la investigación científica de punta sobre la biodiversidad y los procesos ecosistémicos de los bosques y turberas de Chiloé, mediante estudios ecológicos de largo plazo.	Sus principales acciones son la educación y el desarrollo de estudios y proyectos. Cuentan con un centro de estudios en un área protegida privada. Ha apoyado la implementación del sistema comunitario Catruman, organiza cabildos por el agua y ha impulsado pilotos de humedales artificiales para la depuración de aguas servidas.	LINK
Fundación Lepe	Foco en acelerar e implementar acciones comunitarias de desarrollo regenerativo que permitan enfrentar y adaptarse a los desafíos derivados de la crisis climática.	Tiene una iniciativa llamada Fondo Común, un fondo concursable que tiene como objetivo potenciar proyectos socioambientales y comunitarios, que apliquen soluciones colaborativas, para regenerar los ecosistemas.	En la Península de Lacuy, en Ancud (Chiloé), se desarrolló un proyecto que beneficia a 34 familias, además de una escuela y una posta rural, y alcanza a más de 1.500 personas. El modelo se basa en la captación de agua de una vertiente local, la construcción de una red comunitaria y la gestión participativa del ecosistema. Gracias a esta iniciativa, se eliminó la dependencia de camiones aljibe, generando un ahorro municipal estimado en $17,9 millones anuales	LINK
Fundación Parque Tantauco	Conservación ambiental y cultural en la Isla de Chiloé,	Sus acciones incluyen la restauración de ecosistemas, la educación ambiental para escuelas y docentes, la investigación científica, el turismo sustentable y la puesta en valor de la cultura chilota, integrando a las comunidades en la protección del territorio.	El aporte a las SSR es indirecto: al conservar las turberas y los bosques, clave para la disponibilidad de agua, y al educar sobre su protección. Área de conservación estratégica para resguardar el servicio ecosistémico de infiltración y recarga de acuíferos, también conocido como la cosecha de agua.	LINK

ORGANIZACIONES DE LA SOCIEDAD CIVIL				
NOMBRE	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	GESTIÓN SSR	MÁS INFORMACIÓN
Parque Mawnko	Conservación del agua y los bosques nativos en Chiloé, a través del proyecto Parque Mawünko	La Fundación Mawnko trabaja en la conservación del agua y los bosques nativos en Chiloé mediante el Parque Mawünko, ubicado en Ancud. Su labor se centra en proteger cuencas hidrográficas, restaurar ecosistemas, reforestar con especies nativas.	Contribuye al acceso al agua potable en el ámbito rural de Chiloé mediante la protección de cuencas y vertientes, la restauración de bosques nativos y la educación comunitaria sobre la relación entre el bosque y el agua, asegurando la calidad y disponibilidad del agua, sin depender de infraestructura tradicional.	LINK
Fundacion Meri (Cortes Solari)	Investigación científica y educación ambiental, en vinculación con las comunidades, al servicio de la conservación de ecosistemas estratégicos para la mitigación del Cambio Climático.	La Fundación MERI contribuye a la protección del agua en Chiloé mediante la conservación de ecosistemas, la investigación científica y la educación ambiental, mediante el resguardo de cuencas y humedales, promoviendo prácticas comunitarias que aseguren la disponibilidad del recurso hídrico	Fundación MERI apoya los sistemas de agua potable rurales en Chiloé de manera indirecta, asegurando la protección de fuentes hídricas, la educación comunitaria y la generación de conocimiento científico, más que mediante la infraestructura.	LINK
Universidades	Universidad de los Lagos, Universidad del Desarrollo Universidad San Sebastián Universidad de la Frontera Universidad de Concepción	Las universidades, a través de sus facultades y centros de investigación, han desarrollado estudios, investigación científica y aplicada, prácticas, cursos de capacitación y otras actividades de índole académica o de asesoría profesional, mediante sus plantas de profesores e investigadores asociados.	Las universidades aportan tanto en el diseño técnico de sistemas APR como en capacitar a directivas y operadores, en el levantamiento de datos técnicos, de investigación social y territorial, desarrollando prototipos de innovación, fortaleciendo la gobernanza comunitaria y promoviendo nuevas soluciones sustentables para la escasez hídrica en Chiloé.	

ORGANIZACIONES DE LA SOCIEDAD CIVIL				
NOMBRE	**ACTIVIDAD**	**DESCRIPCIÓN**	**GESTIÓN SSR**	**MÁS INFORMACIÓN**
	Universidad Católica Universidad de Chile UTEM			
Institutos de Formación Técnica	DUOC INACAP	Los institutos tienen proyectos orientados especialmente a formar profesionales y a apoyar la generación de herramientas para una mejor gestión del agua.	Duoc cuenta con un convenio con la DGA para el desarrollo de una plataforma que visualiza datos sobre la extracción de agua en ríos, pozos y otras fuentes, facilitando la toma de decisiones informada. Inacap tiene el proyecto "Fortalecimiento de SSR" que implementa automatización y monitoreo para el control inteligente de los sistemas.	
Red participativa Catrumán	Innovación Social	"Red Participativa de Agua Potable en una localidad rural de la Provincia de Chiloé, con énfasis en el manejo de microcuencas y la implementación de un sistema de manejo de aguas residuales mediante procesos naturales".	En la localidad rural de Catruman, comuna de Ancud, se está ejecutando un prototipo de innovación social titulado Red Participativa de Agua Potable, una solución participativa, innovadora y sostenible a largo plazo para abastecer de agua para uso humano a localidades rurales.	*LINK*
Red comunitaria Nal Alto	Innovación Social	La comunidad de Nal Alto se ha organizado para buscar una solución definitiva que le permita contar con agua durante todo el año, construyendo una red de agua que utilice una vertiente del sector.	Gracias al apoyo de Fondo Común y la colaboración del Municipio de Ancud, la comunidad implementó este innovador sistema de abastecimiento comunitario de agua que trae grandes beneficios los vecinos y servicios públicos de la localidad, logrando abastecer a la totalidad de sus habitantes con agua potable y dejando de depender a los camiones aljibe para acceder a este vital elemento.	*LINK*
Humedal Chile	Soluciones Basadas en la Naturaleza	Sistemas de depuración de aguas residuales domiciliarias mediante la tecnología de humedales construidos,	Potencial tecnología a implementar en los SSR con las condiciones base adecuadas	*LINK*

ORGANIZACIONES DE LA SOCIEDAD CIVIL				
NOMBRE	**ACTIVIDAD**	**DESCRIPCIÓN**	**GESTIÓN SSR**	**MÁS INFORMACIÓN**
		desarrollando un jardín ecosistémico que transforma los residuos en vida.		
UÑU	Innovación Social – Festival Pala en Mano	Nos definimos como un laboratorio porque nos gusta observar, pensar, experimentar y abrir nuevos caminos, siempre buscando soluciones basadas en la naturaleza. Trabajamos principalmente en Chiloé generando un triple impacto.	Proyectos de restauración de bosque nativo, humedales en Chiloé	*LINK*
Conservación Los Ríos	Gestión comunitaria para la conservación de la biodiversidad	Velar por una interacción más armónica entre el ser humano y la naturaleza, a modo de conservar la biodiversidad de la Región de Los Ríos, que alberga importantes valores ecológicos, estéticos y culturales, a fin de asegurar, mediante una articulación público-privada, un desarrollo sustentable junto con la protección de los ecosistemas prioritarios presentes en el territorio.	No tienen relación con los SSR de la Isla Grande de Chiloé, pero realizan programas de capacitación de gestión hídrica comunitaria (ej: Mashue)	*LINK*
Paisaje de Conservación de Ancud	Municipalidad de Ancud	Iniciativa impulsada por el Ministerio del Medio Ambiente, mediante el cofinanciamiento destinado al apoyo a actividades productivas altamente sintonizadas con el cuidado del entorno natural, propendiendo al desarrollo sustentable en la zona noroeste del archipiélago.	Su modelo de gestión territorial, es la articulación de los servicios públicos y el acercamiento a las comunidades a través de las Unidades Piloto Demostrativas, como iniciativas referentes en el uso eficiente y eficaz de recursos económicos de origen público, cumpliendo con algo tan importante como es el bienestar humano y la conservación de la biodiversidad con economías locales fortalecidas.	*LINK*

5.1.2 MAPA DE ACTORES SEGÚN INTERÉS E INFLUENCIA

Los actores identificados presentan diversos grados de relación (con los SSR) que responden a una combinación de interés en el recurso hídrico y de influencia en su gestión y suministro. Considerando estos motores relacionales, se han organizado los actores en torno a tres dimensiones:

- Gestión y financiamiento del agua potable rural.
- Protección de ecosistemas y de fuentes de agua.
- Educación ambiental y fortalecimiento de la gestión comunitaria.

Cabe señalar que estas definiciones se basan en información recogida del Plan Estratégico de Gestión Hídrica del Archipiélago de Chiloé (HIDROGESTION, 2022) y de sitios web oficiales, así como en entrevistas realizadas a los servicios y a las autoridades en terreno.

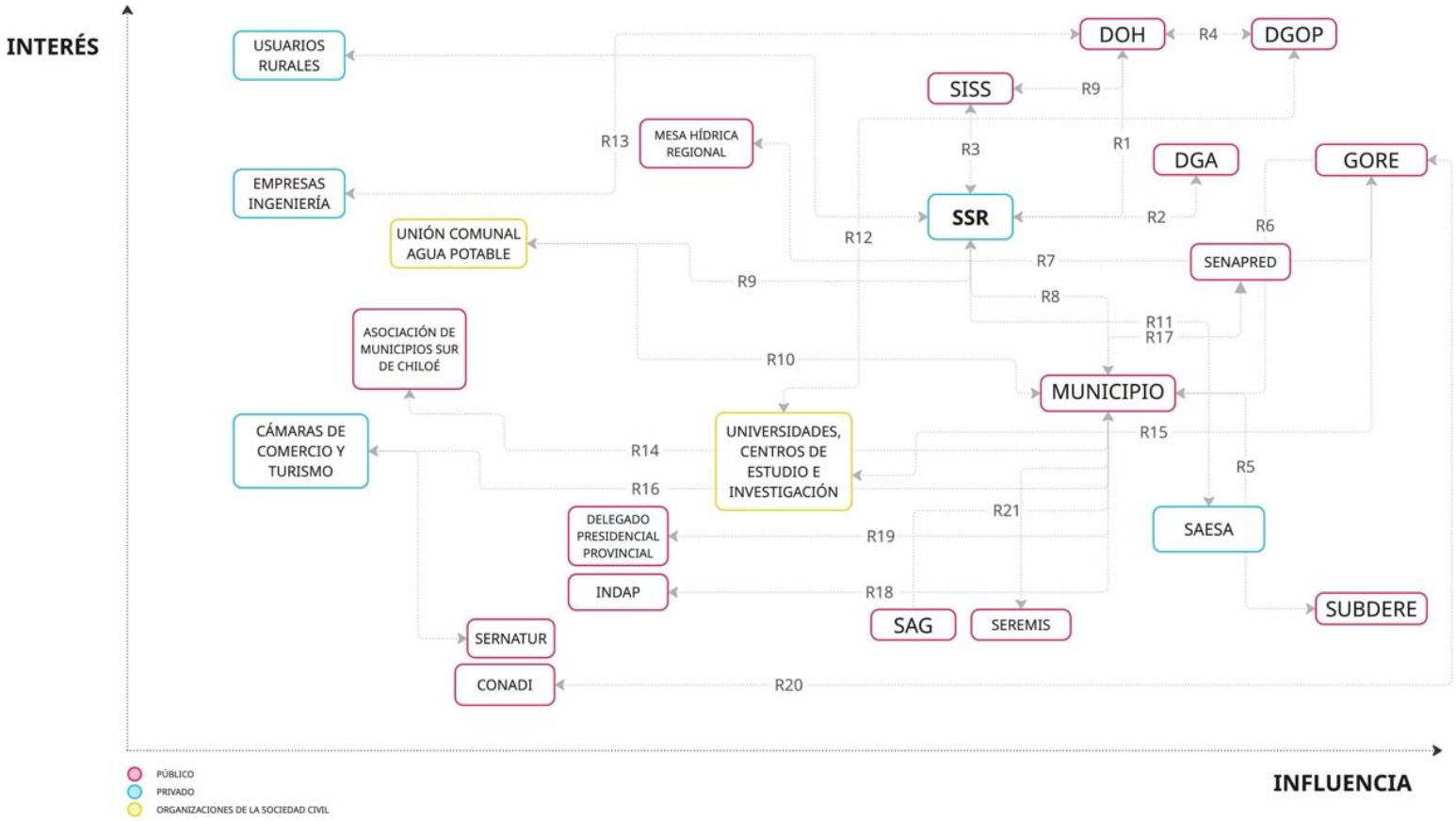


Figura 58. Diagrama relacional de actores clave para la gestión y financiamiento del agua potable rural: Fuente, elaboración propia.

DETALLE DE RELACIONES:

R1: Acompaña la ejecución y la operatividad de SSR en Chiloé, gestiona los recursos y las soluciones ante emergencias y garantiza el diseño y las obras de infraestructura hídrica.
R2: La DGA, como ente regulador de los recursos hídricos, otorga a los SSR el derecho de aprovechamiento de aguas, lo que representa un paso fundamental para que estos puedan operar y asegurar el suministro de agua potable para consumo humano y de saneamiento en zonas rurales.
R3: Supervisa los Servicios Sanitarios Rurales (SSR) para garantizar el acceso al agua potable y al saneamiento en zonas rurales. Esta relación se formalizó con la Ley 20.998, que amplió las competencias de la SISS, permitiéndole fijar tarifas, fiscalizar la calidad del servicio y atender los reclamos de los usuarios, en colaboración con el Ministerio de Salud.
R4: La DGOP tiene un rol de supervisión general sobre todas las obras y la DOH es la entidad que ejecuta y administra los proyectos de carácter hidráulico.
R5: SUBDERE entrega fondos para que los municipios puedan ejecutar estas iniciativas, que mejoran los servicios básicos en zonas rurales, y se encarguen de la formulación de proyectos y de la coordinación local.
R6: El GORE puede financiar proyectos y establecer políticas que beneficien a las comunidades rurales, alineándose con los planes de desarrollo comunal y con las necesidades locales.
R7: La relación entre el Gobierno Regional (GORE) y la Mesa Hídrica Regional se basa en la coordinación, la planificación y el financiamiento, con el objetivo compartido de abordar la crisis hídrica y de priorizar proyectos de Agua Potable Rural (APR).
R8: La relación entre los Servicios Sanitarios Rurales (SSR) y los municipios es de colaboración, gestión de subsidios y apoyo en la formulación de proyectos, aunque la responsabilidad principal de la operación y el financiamiento recae en los comités, las cooperativas y el Estado.
R9: La Unión Comunal es una estructura de apoyo mutuo y representación colectiva que agrupa a los SSR individuales para potenciar su capacidad de gestión y defensa de sus intereses.
R10: La Unión Comunal es un organismo de segundo nivel que canaliza y potencia la voz de los comités de APR individuales, y los municipios actúan como la entidad pública local que les otorga reconocimiento legal y con la que colaboran para el desarrollo de la gestión hídrica rural en la comuna.
R11: La relación es de dependencia operativa por parte de los SSR respecto del suministro eléctrico, pero con un marco regulatorio especial que busca mitigar los costos y asegurar la continuidad y la viabilidad del servicio de agua potable rural.

R12: Las universidades, centros de formación técnica y centros de investigación apoyan a la DGA, DGOP y DOH del MOP mediante la generación de conocimiento científico, la elaboración de estudios técnicos y la capacitación de operadores de sistemas sanitarios rurales (SSR), con el fin de abordar la crisis climática y mejorar la gestión hídrica.

R13: La DOH del MOP es la entidad pública líder que licita y encarga directamente la mayoría de los estudios y obras para los SSR en Chile, asegurando que las empresas contratadas cumplan con los registros y las normativas vigentes.

R14: La AMSUR potencia la capacidad de gestión y negociación de los municipios asociados, permitiéndoles contar con una voz unificada y más influyente para asegurar el desarrollo de sistemas rurales de agua potable en el sur de Chiloé.

R15: Los Gobiernos Regionales disponen de fondos para proyectos de investigación en temas asociados al cambio climático, la innovación, la economía circular y la gestión comunitaria, entre otros. Las universidades y los centros de investigación son importantes actores en la generación de conocimiento y el fortalecimiento de las capacidades locales.

R16: Las cámaras de comercio y turismo no administran el agua rural, pero interactúan estrechamente con los municipios, aportando información, prioridades y articulación con empresas locales e instituciones públicas ante emergencias.

R17: SENAPRED apoya técnica y operativamente a los municipios, entrega alertas, coordina la respuesta, moviliza recursos y articula con otros actores como MOP-DOH, DGA, Seremi de Salud y gobernaciones regionales.

R18: INDAP se relaciona con los municipios mediante la planificación hídrica, la ejecución de programas rurales y la gestión climática de emergencias. Esto implica diagnosticar las demandas de agua, participar en mesas de agua y coordinar con los APR; implementar programas como PRODESAL/PDTI e invertir en riego y acumulación; y trabajar juntos frente a las sequías, apoyando la adaptación hídrica y la resiliencia comunal.

R19: Es uno de los actores centrales del Gobierno Central en la gobernanza del agua, con presencia en todos los ejes estratégicos del plan: preservación ecológica, economía hídrica, provisión de agua potable y gestión ante eventos extremos.

R20: CONADI es un actor sectorial que aporta información, pertinencia cultural y coordinación territorial para asegurar que los proyectos de agua potable rural financiados o priorizados por el GORE respondan adecuadamente a las necesidades de las comunidades indígenas del territorio. Esto incluye la identificación de la población indígena, su ubicación rural, la validación sociocultural de proyectos de APR y la participación en espacios de planificación hídrica a nivel regional.

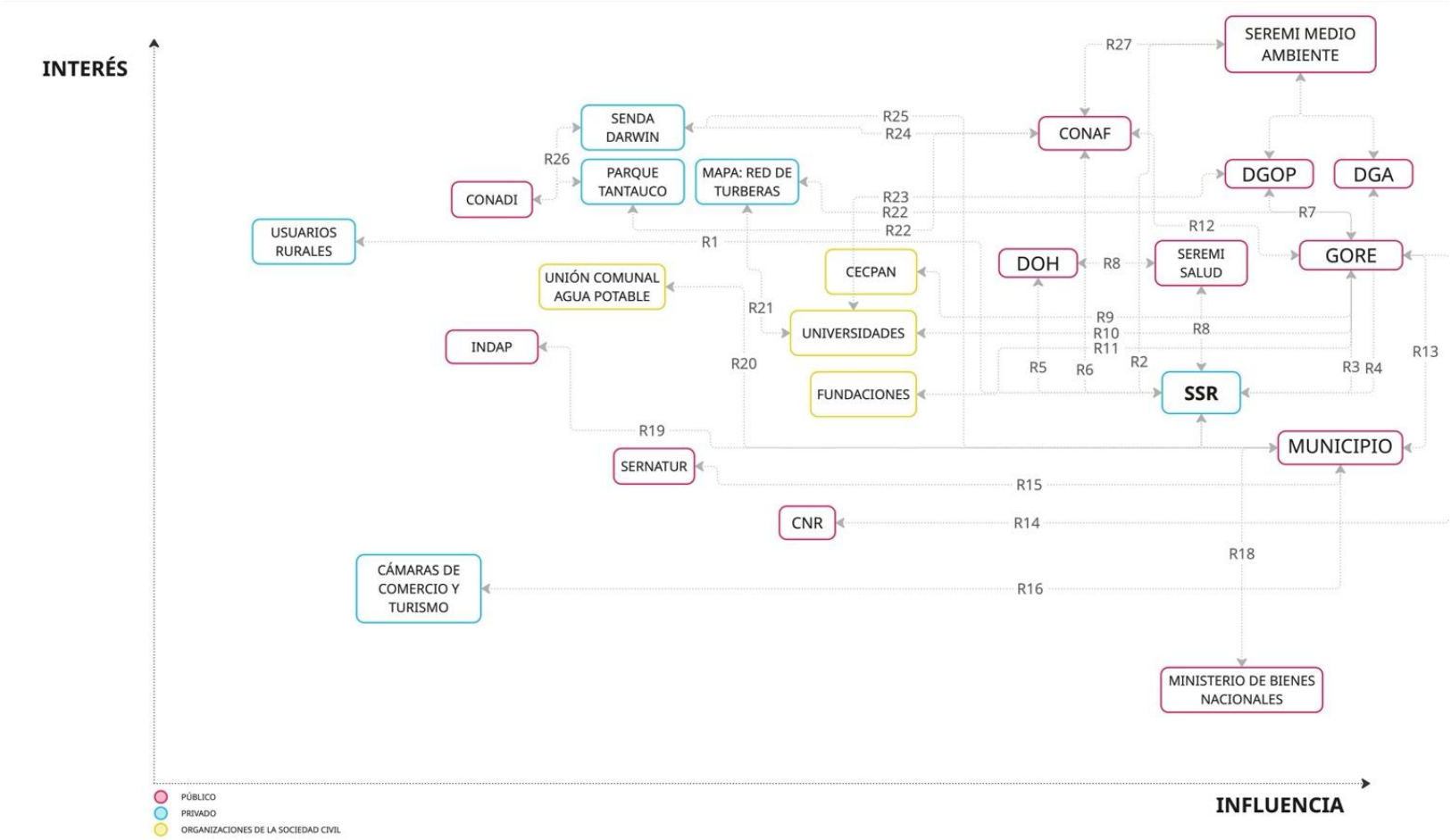


Figura 59. Diagrama relacional de actores clave para la protección y conservación de los ecosistemas y las fuentes de agua. Fuente: elaboración propia.

DETALLE DE RELACIONES:

R1: La relación entre la directiva de los SSR y los usuarios es esencial para la protección de ecosistemas clave para la regulación hídrica.

R2: La SEREMI del Medio Ambiente (MMA) se relaciona con los Servicios Sanitarios Rurales (SSR/APR) en la protección de ecosistemas y fuentes de agua a través de funciones que no son operativas ni de gestión del servicio, sino ambientales, normativas, territoriales y de gobernanza. Esta vinculación es indirecta, pero altamente relevante para la protección de las captaciones, los humedales y las zonas de recarga hídrica.

R3: Los Servicios Sanitarios Rurales se relacionan con el Gobierno Regional principalmente a través de los programas e iniciativas ambientales e hídricas que el GORE financia y prioriza. Aunque el GORE no gestiona directamente la operación de los SSR, sí desempeña un papel decisivo para proteger las fuentes de agua que estos utilizan.

R4: La DGA regula y fiscaliza las captaciones de agua utilizadas por los SSR, define áreas de protección de acuíferos, determina caudales ecológicos en humedales, lidera el monitoreo hidrológico y coordina medidas ante escenarios de sequía. En conjunto, estas funciones aseguran la sustentabilidad de las fuentes de agua que abastecen a los SSR y la protección de los ecosistemas reguladores que permiten la recarga hídrica en zonas rurales.

R5: La DOH se vincula con los SSR en la protección de ecosistemas hídricos y fuentes de agua mediante el diseño y la construcción de infraestructura de captación protegida, la definición de protocolos de mantenimiento que salvaguardan los ecosistemas, la coordinación interinstitucional con DGA, MMA y municipios, la realización de estudios técnicos para asegurar la sustentabilidad de las fuentes y la supervisión permanente de la operación de los SSR. En conjunto, estas funciones convierten a la DOH en el principal actor estatal responsable de que los SSR operen de manera segura y sostenible, con resguardo de los ecosistemas que sustentan su abastecimiento.

R6: CONAF interactúa con los Servicios Sanitarios Rurales (SSR/APR) de manera indirecta pero estratégica, especialmente en todo lo relacionado con la protección de los ecosistemas que sostienen las fuentes de agua —bosques nativos, suelos, humedales, turberas, cuencas altas y áreas de recarga hídrica—.

R7: La DGOP del MOP cumple un rol indirecto pero relevante para los SSR, al diseñar y ejecutar infraestructura pública que condiciona el entorno de las captaciones, al coordinarse con la DOH cuando las obras públicas pueden afectar los sistemas APR, al apoyar la construcción de infraestructura complementaria solicitada por los municipios o GORE, y al

ejecutar obras de mitigación de riesgos que protegen tanto los ecosistemas hídricos como la infraestructura sanitaria rural.

R8: La SEREMI de Salud se vincula con los SSR en la protección de ecosistemas y fuentes de agua mediante la autorización y el control sanitario de las captaciones, la fiscalización de actividades que puedan contaminar vertientes, humedales o napas, la coordinación interinstitucional ante riesgos ambientales que comprometen el abastecimiento rural, y la educación comunitaria para el uso seguro del agua.

R9: CECPAN aporta ciencia, monitoreo y trabajo territorial; el GORE financia, prioriza y articula la política pública ambiental. Juntos contribuyen a proteger las fuentes de agua y los ecosistemas clave para la seguridad hídrica rural.

R10: Las universidades y centros de estudio se vinculan al GORE mediante el financiamiento regional de iniciativas ambientales que requieren investigación, monitoreo y conocimientos técnicos especializados.

R11: Las fundaciones dedicadas a la conservación ambiental, la investigación ecológica o el trabajo comunitario —como CECPAN, Senda Darwin, Fundación Tantauco, Huella Local, entre otras— se vinculan con el Gobierno Regional (GORE) de manera estructural y estratégica, especialmente en el marco de la protección de ecosistemas clave y de fuentes de agua.

R12: La CONAF se vincula con el Gobierno Regional mediante una colaboración estratégica en la que el GORE financia proyectos ambientales y de restauración, mientras que la CONAF ejecuta, implementa y supervisa acciones de conservación en bosques, suelos, humedales y zonas de recarga hídrica.

R13: El Gobierno Regional apoya a los municipios en la protección de fuentes de agua y de ecosistemas naturales mediante el financiamiento de estudios y proyectos ambientales, la ejecución de infraestructura de protección hídrica, la entrega de capacidades técnicas, el fortalecimiento de la planificación territorial, la coordinación intersectorial con los servicios públicos y la disponibilidad de fondos regionales para la restauración, la conservación y la adaptación climática. Este apoyo permite que los municipios resguarden ecosistemas clave para la seguridad hídrica rural y la protección de las captaciones de SSR.

R14: El Gobierno Regional (GORE) y la Comisión Nacional de Riego (CNR) se vinculan de manera complementaria en la gobernanza hídrica regional: mientras la CNR financia y ejecuta obras de riego y tecnificación hídrica para la agricultura familiar campesina, el GORE financia estudios, programas ambientales y proyectos de protección de ecosistemas y fuentes de agua, generando las condiciones ecológicas y territoriales que sostienen la disponibilidad hídrica para riego y consumo humano. Su interacción ocurre en mesas

hídricas, en coordinación sectorial y en territorios compartidos, donde las inversiones del GORE sirven como insumos técnicos y ambientales para orientar la acción de la CNR, logrando así un equilibrio entre el uso productivo, la conservación y la seguridad hídrica regional.

R15: SERNATUR se vincula con los municipios mediante una coordinación directa para el desarrollo y la promoción del turismo local, aportando apoyo técnico en la planificación turística comunal, la gestión de Zonas de Interés Turístico (ZOIT) y la evaluación de proyectos de infraestructura turística. A través de esta relación, ambos actores trabajan en la protección de paisajes y ecosistemas naturales que sostienen la actividad turística—como humedales, riberas y fuentes de agua—promoviendo prácticas de turismo sostenible, capacitaciones comunitarias y acciones que resguardan la calidad ambiental del territorio.

R16: Las cámaras de comercio y turismo de Chiloé interactúan con los municipios mediante la coordinación en mesas público-privadas de turismo, la promoción de buenas prácticas ambientales para operadores y visitantes, y la colaboración en la gestión y protección de atractivos naturales que incluyen humedales, riberas y fuentes de agua.

R18: El municipio se relaciona con el Ministerio de Bienes Nacionales principalmente a través de la administración del patrimonio fiscal, la solicitud de destinaciones para proyectos comunitarios, la regularización de territorios rurales y la protección de áreas fiscales que albergan ecosistemas sensibles o fuentes de agua. MBN aporta el control jurídico y territorial del suelo fiscal, mientras que el municipio opera como actor local que gestiona usos, proyectos y la protección ambiental, articulando así la conservación y el ordenamiento del territorio.

R19: INDAP se vincula con los municipios en la planificación y gestión del agua potable rural, la ejecución de programas como PRODESAL y PDTI, la coordinación de inversiones en riego y en acumulación de agua, y el trabajo colaborativo en emergencias agrícolas y en la adaptación al cambio climático. Mientras INDAP aporta financiamiento, asistencia técnica y lineamientos productivos, los municipios aportan conocimiento territorial, equipos técnicos, logística y coordinación comunitaria, lo que permite articular de manera efectiva el desarrollo rural con la protección de los ecosistemas y las fuentes de agua.

R20: Las Uniones Comunales de APR de Chiloé se relacionan con los comités y cooperativas SSR mediante la coordinación territorial, la formación de capacidades en gestión ambiental, la incidencia conjunta ante el Estado, la respuesta articulada ante emergencias hídricas y la promoción de la educación y el cuidado del territorio. Esta articulación comunitaria permite proteger humedales, vertientes, napas y zonas de recarga, fortaleciendo la seguridad hídrica rural y la conservación de los ecosistemas que abastecen a los SSR.

R21: La Fundación MAPA: Red de Turberas se vincula con las universidades a través de la investigación científica, el monitoreo ecosistémico, la formación académica y la incidencia en políticas públicas.

R22: El GORE aporta financiamiento a través de programas de investigación, proyectos de monitoreo o trabajo comunitario, mientras que MAPA aporta evidencia científica, monitoreo ecosistémico y asesoría especializada para la toma de decisiones territoriales.

R23: La DGOP se vincula con las universidades de manera indirecta mediante estudios, asesorías y talleres participativos asociados a proyectos de infraestructura pública. Las universidades aportan metodologías de educación ambiental y de fortalecimiento comunitario, facilitando procesos de participación y el desarrollo de capacidades en los territorios donde interviene la DGOP.

R24: Senda Darwin y CONAF se vinculan mediante programas conjuntos de educación ambiental, actividades con escuelas y comunidades, y acciones de conservación y restauración ecológica que fortalecen el aprendizaje territorial sobre bosques, humedales y fuentes de agua.

R25: Senda Darwin se vincula con los municipios mediante programas de educación ambiental en escuelas rurales, apoyo técnico a estrategias ambientales locales, proyectos de restauración ecológica y actividades comunitarias.

R26: Senda Darwin y Fundación Parque Tantauco se vinculan con CONADI mediante actividades de educación ambiental con pertinencia cultural, trabajo territorial con comunidades indígenas y proyectos de conservación y restauración ecológica.

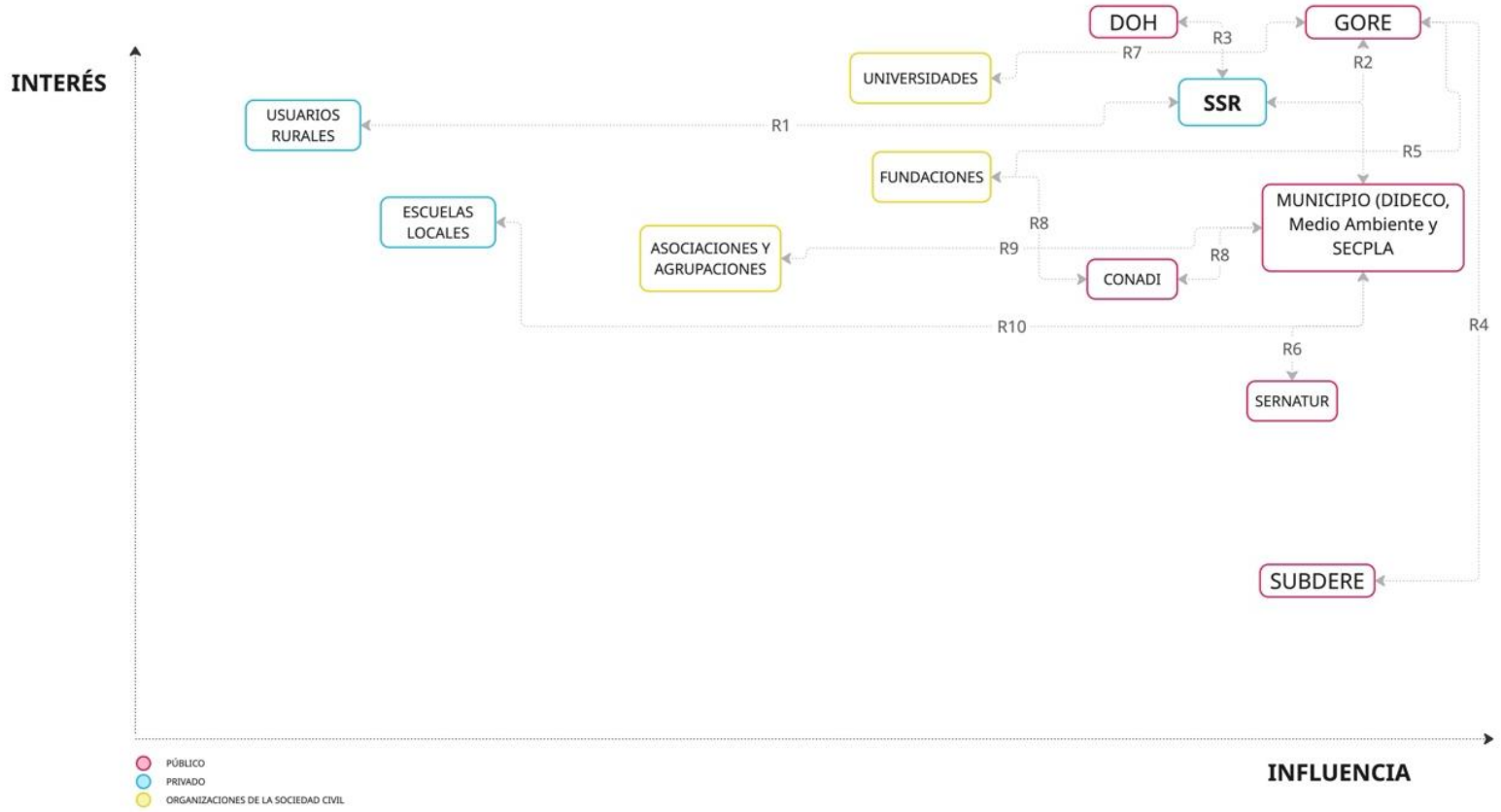


Figura 60. Diagrama de relación de actores clave para la educación ambiental y gestión comunitaria

DETALLE DE RELACIONES:

R1: Los usuarios rurales y las directivas de los SSR se vinculan mediante una relación en la que la directiva organiza y promueve acciones de educación ambiental, uso responsable del agua y protección de las fuentes, mientras que los usuarios participan en la implementación, la vigilancia y la toma de decisiones. Esta corresponsabilidad permite sostener la gestión comunitaria del agua y la conservación de los ecosistemas locales.

R2: En el ámbito de la educación ambiental y la gestión comunitaria del agua, la relación entre el GORE y los SSR es indirecta pero estratégica, ya que el GORE no trabaja directamente con las directivas ni con los usuarios, pero sí crea, financia y habilita las condiciones para que la gestión comunitaria del agua pueda fortalecerse.

R3: La DOH se relaciona con los SSR mediante la capacitación y el acompañamiento directo a sus directivas, promoviendo buenas prácticas comunitarias para el uso eficiente del agua, la protección de las fuentes y la conservación de los ecosistemas.

R4: La SUBDERE y el GORE se vinculan mediante una coordinación que combina financiamiento, asistencia técnica y planificación territorial para fortalecer la educación ambiental y la gestión comunitaria del agua. Mientras la SUBDERE financia capacidades municipales, equipos territoriales y proyectos comunitarios, el GORE impulsa programas regionales de conservación, participación y fortalecimiento socioambiental.

R5: Las fundaciones apoyan a los SSR mediante la educación ambiental, el fortalecimiento organizacional y la protección de los ecosistemas hídricos, actuando como puente entre las comunidades y las instituciones públicas. El GORE las financia y utiliza su capacidad técnica y territorial para ejecutar proyectos de conservación, restauración y formación comunitaria, convirtiéndolas en actores clave para llevar la política regional al territorio.

R6: SERNATUR trabaja con las municipalidades para promover el turismo sostenible y actividades de educación ambiental que sensibilizan sobre humedales, riberas, zonas de recarga y otros ecosistemas clave para la regulación hídrica. A través de campañas, señalética y actividades comunitarias, ZOIT apoya la concientización y el uso responsable de los ecosistemas que sostienen tanto el turismo como la disponibilidad de agua en el ámbito rural.

R7: El Gobierno Regional pone a disposición financiamiento a través de programas de fortalecimiento de las capacidades de las directivas de SSR. Las universidades ponen a disposición su capacidad para generar conocimiento y gestionar proyectos de investigación, pilotaje y monitoreo de soluciones que promuevan la educación ambiental y la gestión comunitaria.

R8: La CONADI se vincula principalmente con los municipios, la SEREMI de Medio Ambiente, las escuelas rurales y las fundaciones ambientales para fortalecer la educación ambiental. A través de estas alianzas, desarrolla talleres, actividades interculturales y acciones de cuidado de ecosistemas y de fuentes de agua relevantes para las comunidades indígenas.
R9: Las agrupaciones comunitarias se vinculan con la municipalidad mediante la realización de talleres y campañas ambientales, la participación en mesas y procesos de planificación, y el apoyo mutuo en proyectos de protección de fuentes de agua y de ecosistemas. Son actores clave para educar, movilizar y sensibilizar a la comunidad sobre temas socioambientales.
R10: Los municipios y las escuelas locales/DAEM se relacionan estrechamente para impulsar talleres, actividades pedagógicas y programas de educación ambiental y de cuidado del agua. Las escuelas aportan formación y llegan a la comunidad; el municipio aporta equipos técnicos, recursos y coordinación territorial, lo que convierte esta alianza en un pilar de la gestión comunitaria del agua.

5.2 DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO DE LAS BRECHAS ASOCIADAS A LA RESILIENCIA DE SSR EN EL ÁREA DE ESTUDIO.

Se llevaron a cabo cuatro campañas en terreno, las primeras tres de visitas a Servicios Sanitarios Rurales (SSR) definidos como parte del área de estudio entre el 7 de julio y el 8 de agosto de 2025, y una última entre los días 25 y 29 de agosto destinada a visitar instituciones que se vinculan con los SSR, tanto a nivel municipal como sectorial (SECPLA Municipalidad de Castro, DOH Los Lagos, SECPLA Municipalidad de Ancud, SUBDERE Los Lagos, DGA Los Lagos, SISS Los Lagos, División de Infraestructura del Gobierno Regional de Los Lagos). Estas salidas se organizaron en semanas intercaladas, de modo que se realizaba una semana de levantamiento de información en terreno y la siguiente se destinaba al trabajo en gabinete, consistente en la sistematización de la información recogida, el análisis preliminar de los resultados y la preparación logística y metodológica de la próxima campaña, considerando los antecedentes previamente obtenidos. Además, el equipo consultor participó en tres talleres provinciales organizados por la DOH: en Castro, el jueves 31 de julio; en Ancud, el viernes 22 de agosto; y en Quellón, el viernes 29 de agosto.

Las visitas se centraron en la aplicación de una entrevista semiestructurada y en la elaboración de un diagnóstico acompañado de un mapeo de la infraestructura. El objetivo general fue recoger información directa desde los SSR para alimentar el diagnóstico de vulnerabilidad hídrica y organizacional, con el fin de diseñar propuestas de medidas de

adaptación —estructurales y no estructurales— frente a la escasez hídrica y los efectos del Cambio Climático en Chiloé.

La entrevista semiestructurada se diseñó teniendo en consideración las siguientes dimensiones relacionadas con el suministro del agua y la gestión:

Disponibilidad de agua: donde se indagó en la percepción de escasez hídrica, la demanda de los usuarios y la capacidad de respuesta de los SSR, así como en la percepción de amenaza a las fuentes y/o de conflictos por el uso.

Calidad del agua: donde se indaga en la percepción de las problemáticas asociadas a la contaminación, en las fuentes potenciales de contaminación y en la capacidad de potabilización del agua.

Continuidad del suministro: donde se indagan los antecedentes de las interrupciones del suministro y sus causas, los requerimientos, las fuentes hídricas adicionales u otras soluciones implementadas.

Aspectos legales/institucionales: donde se indaga en el grado de conocimiento de la Ley 20.998 y en la percepción de su impacto en la implementación, por parte de las administraciones de los SSR.

Redes de apoyo y capacidad organizacional: donde se indaga sobre la conformación de la directiva, la participación de los socios y la postulación a proyectos.

Capacitaciones y SBN: donde se evaluó por la existencia e interés en capacitaciones actuales y contenidos para capacitaciones futuras, brechas de conocimiento, percepción del estado del paisaje, Cambio Climático y conciencia ambiental.

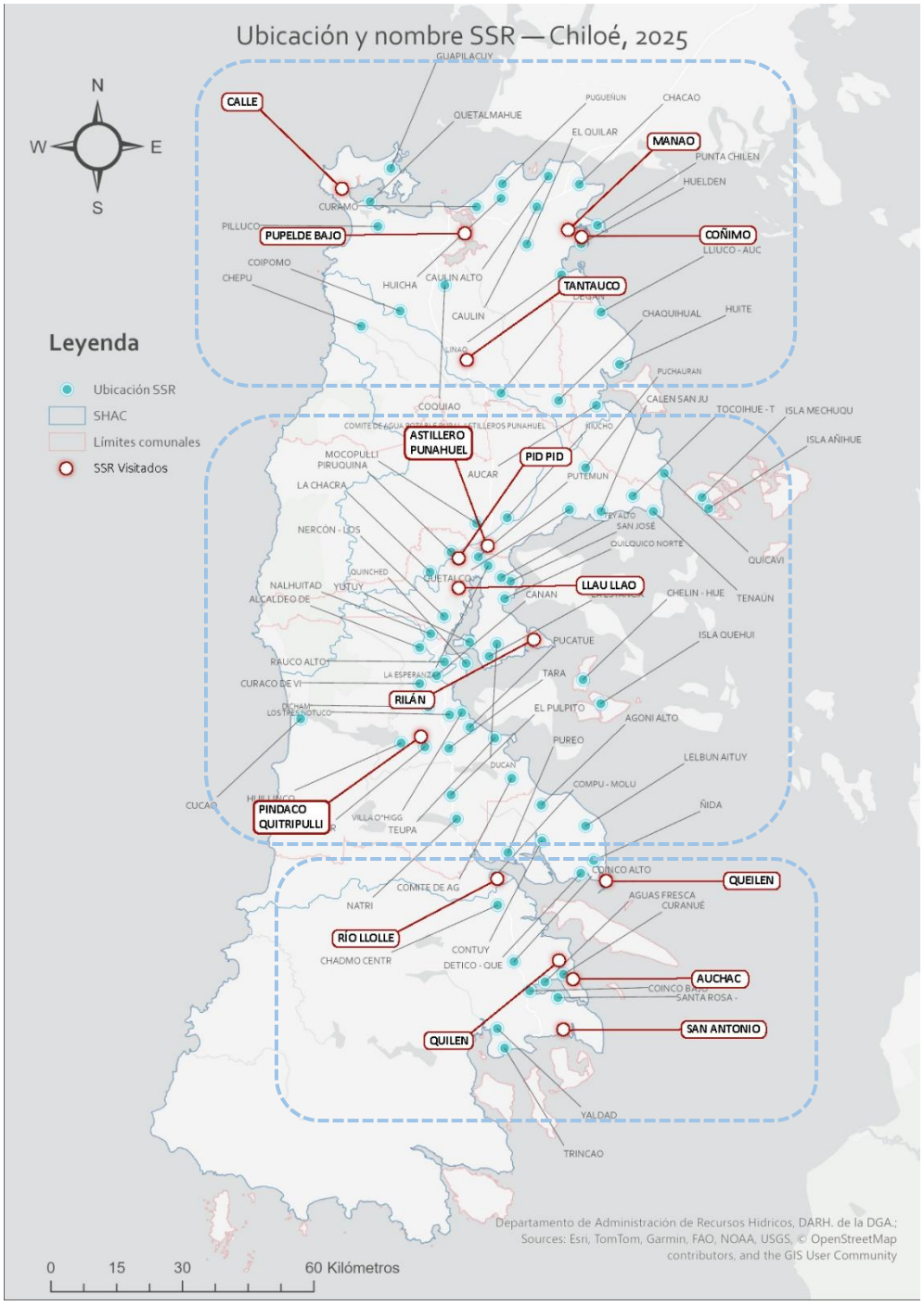


Figura 61_ Ubicación de los SSR visitados durante las tres campañas de trabajo en terreno - Elaboración propia

5.2.1 RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO EN TERRENO

A continuación, se presentan los principales hallazgos en materia de acceso al agua, Cambio Climático, redes de apoyo y gestión comunitaria de los 15 SSR visitados. Para ello, se aplicó una entrevista semiestructurada, la que permitió obtener información del estado de la infraestructura y de los desafíos y oportunidades específicos en cada SSR en un contexto de Cambio Climático. La pauta de entrevistas se encuentra en el ANEXO 1 .

5.2.1.1 MANAO

- Tipo de fuente: superficial.
- Arranques: 210 (con solicitudes de arranque en lista de espera).
- Descripción general: La infraestructura que conecta la fuente superficial con la gran parte de la red de distribución (PVC) tiene más de 15 años, presenta conexiones precarias y está expuesta a la intemperie. Para enfrentar la escasez estival —provocada por la disminución del caudal superficial y la alta demanda asociada al turismo, la agricultura y la ganadería—, recientemente se incorporó una captación subterránea. Las interrupciones del servicio se deben principalmente a fallas técnicas y cortes de suministro eléctrico, ya que no existe un sistema energético alternativo. A ello se suma una capacidad de almacenamiento limitada, por lo que se proyecta autofinanciar un estanque plástico de 40.000 litros. En cuanto a la gestión, la se han superado dificultades administrativas que afectaban la continuidad del suministro. Aunque se reconoce falta de liderazgo joven, la actual directiva está consolidada y su presidente lidera la Asociación de Comités de Agua Potable de Ancud, una instancia con potencial para mejorar gestión y coordinación.
- Percepción de cambios territoriales y climáticos: No se perciben grandes cambios de precipitaciones o de temperatura. Se reconoce una reducción de disponibilidad de agua, atribuible a escasa aplicación de medidas de protección de fuentes hídricas.
- Sensibilidades:
  - Aumento de la población flotante y del consumo estival de agua.
  - Infraestructura insuficiente para cubrir la demanda total.
  - Ausencia de un sistema de saneamiento.
- Capacidades adaptativas:
  - Uso de pozos privados y de fuentes complementarias.
  - Uso de software para la gestión administrativa y el control de consumo.

- Capacidad para identificar necesidades, formular propuestas y postular a fondos de financiamiento.

5.2.1.2 COÑIMO

- Tipo de fuente: subterránea (anteriormente superficial).
- Arranques: 106 (23 pendientes; a la espera de la entrega del pozo. Una vez entregadas las obras, se proyecta una factibilidad de 145 arranques).
- Descripción general: La comunidad de Coñimo implementó un pozo como respuesta a la escasez de agua durante el verano y a los problemas de calidad de la fuente superficial, que actualmente está fuera de servicio. Pese a esta mejora reciente, persisten cortes en el suministro y pérdidas considerables de agua debido al desgaste de la red de distribución. Como medida a mediano plazo, se proyecta su renovación en coordinación con un proyecto de pavimentación del camino. La capacidad de almacenamiento resulta insuficiente, lo que obliga a mantener la bomba en funcionamiento durante varias horas al día. A ello se suma la inoperancia de los sistemas de control de nivel, lo que exige asistencia constante para la operación. Tras la renovación de la directiva, la organización ha mostrado avances significativos en su capacidad de autogestión, incluyendo la implementación de incentivos para fomentar la participación de los socios en las asambleas (multas) y la incorporación de prácticas orientadas al cuidado del agua ante los cambios territoriales y climáticos.
- Percepción de cambios territoriales y climáticos: Se observa una reducción de bosques, turberas y vertientes, atribuida a la acción humana. En cuanto al clima, se observan temperaturas más extremas y precipitaciones menos regulares, concentradas e intensas, lo que provoca un rápido drenaje del agua y una menor permanencia en la superficie del entorno. En respuesta, parte de la comunidad ha adquirido conciencia ambiental, promoviendo la reforestación y la protección de las fuentes de agua.
- Sensibilidades:
  - Insuficiente capacidad de almacenamiento.
  - Aumentos de la demanda estival por el turismo y la ganadería.
  - Gestión del control de consumo concentrada en un solo miembro de la directiva.
- Capacidades adaptativas:
  - Superación de problemas administrativos mediante la renovación de la directiva.
  - Adopción de nuevas fuentes de captación, pasando de captar aguas superficiales a aguas subterráneas como suministro principal ante el agotamiento estacional de las primeras.

5.2.1.3 TANTAUCO

- Tipo de fuente: subterránea.
- Arranques: 138 (sin posibilidad de dar nuevos arranques).
- Descripción general: Este comité, de creación reciente (2019), enfrenta importantes desafíos relacionados con la gestión organizacional, la falta de conocimientos técnicos para asegurar una operación adecuada y un diseño inadecuado del sistema. Estas condiciones han provocado interrupciones frecuentes del suministro, fallas técnicas y tiempos de respuesta prolongados. Entre los principales problemas se identifican:
  - Sistemas de control de nivel y flujo, así como el tablero de monitoreo, inhabilitados de manera permanente o periódica, lo que obliga a una asistencia manual constante.
  - Sin control automático en bombas de impulsión, lo que genera pérdidas por rebalse.
  - Dependencia total de la red eléctrica, que presenta cortes frecuentes y prolongados debido a fenómenos meteorológicos.
  - Variaciones de voltaje y baja potencia, que hicieron necesaria la incorporación —no prevista en el diseño original— de un conversor de energía (de bifásico a trifásico).
  - Altos costos de energía, que absorben gran parte de la recaudación mensual.
  - Escasa capacidad de almacenamiento, cuya ampliación depende de la disponibilidad de un terreno.
  - Capacidad financiera limitada, dado que la tarifa apenas cubre los gastos operativos.
  - Durante la visita se evidenció un marcado desgaste en la administración, que acusa de falta de apoyo tanto de los socios como de las instituciones públicas. Asimismo, se señaló que las capacitaciones recibidas han sido mayoritariamente teóricas y de escasa aplicabilidad práctica.
- Percepción de cambios territoriales y climáticos: Opiniones divergentes respecto al clima, no obstante, los entrevistados coinciden en advertir transformaciones relevantes del paisaje, vinculadas a la deforestación y a la parcelación de terrenos agrícolas para la construcción de viviendas, fenómenos que potencialmente alteran el ciclo hídrico.
- Sensibilidades:
  - Infraestructura deficiente.
  - Baja capacidad organizativa; incapacidad para dar respuestas a las problemáticas a corto plazo.
- Capacidades adaptativas:
  - Aprendizaje a partir de errores o fallas.
  - Inversión en implementos accesorios como el conversor eléctrico, que han mejorado sustancialmente la operación.
  - Implementación de software para la administración y el control del consumo.

5.2.1.4 CALLE

- Tipo de fuente: mixta, principalmente superficial con apoyo subterráneo en casos de emergencia.
- Arranques: 97 (sin arranques pendientes).
- Descripción general: El SSR funciona desde 2015, a partir de una iniciativa vecinal iniciada en 2002. Su principal fuente es superficial, complementada por un pozo habilitado de forma reactiva tras detectarse escasez hídrica durante la inauguración de las obras. Los episodios de agotamiento de la fuente superficial se han repetido a lo largo de los años. La capacidad de almacenamiento es limitada, lo que obliga al uso continuo de bombas y eleva significativamente los costos de energía, especialmente en verano, cuando se recurre con mayor frecuencia a la fuente subterránea. En sus inicios, la red de distribución presentó múltiples problemas, que fueron subsanados mediante la incorporación de materiales de mejor calidad (HDPE) y accesorios de reducción de presión. Actualmente, las interrupciones del servicio son menores (entre 1 y 2 veces al año) y se asocian principalmente a fenómenos meteorológicos. La comunidad, en general, demuestra una alta disposición a colaborar en la gestión.
- Percepción de cambios territoriales y climáticos: El paisaje boscoso de la zona se ha mantenido a lo largo del tiempo. No obstante, los loteos recientes se perciben como una amenaza para los cursos de agua. En relación con el clima, se observa una modificación en el régimen de precipitaciones: la misma cantidad de lluvia se concentra en menos eventos, lo que genera una mayor escorrentía y pérdida de agua.
- Sensibilidades:
  - Aumentos de la demanda estival por turismo y ganadería, junto con una disminución de la fuente superficial.
  - Falta de mantención preventiva del pozo, utilizado únicamente en emergencias.
  - La gestión administrativa del cobro y del seguimiento del consumo se realiza manualmente.
- Capacidades adaptativas:
  - Incorporación de nuevas fuentes de captación para responder a la escasez.
  - Fomento de la participación de socios mediante la asignación de tareas.

5.2.1.5 PUPELDE

- Tipo de fuente: subterránea.
- Arranques: 59 (activos, 68 instalados).
- Descripción general: La fuente superficial mantiene un nivel suficiente para responder a la demanda durante todo el año, incluso en períodos de alta demanda y ausencia de precipitaciones. Sin embargo, el sistema ha presentado dificultades relacionadas con la calidad —como el uso de insumos químicos vencidos para la desinfección— y con la continuidad del servicio, debido a competencias operativas limitadas y capacitaciones iniciales insuficientes. Este caso refleja una situación recurrente en diversos SSR: los programas de capacitación, tanto en sus contenidos como en su temporalidad, no siempre responden a las necesidades ni a las problemáticas cotidianas. La ausencia de sistemas de saneamiento constituye otra preocupación para la directiva. Actualmente, las soluciones individuales (pozos negros o fosas sépticas) provocan infiltraciones en las capas freáticas, mientras que las aguas servidas se descargan directamente al mar.
- Percepción de cambios territoriales y climáticos: Se observa un fuerte aumento de la población, asociado a la parcelación de terrenos, la construcción de nuevas viviendas y la llegada de habitantes externos. Aunque la comunidad reconoce los efectos del Cambio Climático, no los asocia a una disminución en la disponibilidad de agua.
- Sensibilidades:
  - Loteo y expansión inmobiliaria.
  - La gestión administrativa de cobros y consumos aún se realiza de forma manual.
  - Ausencia de controles adecuados en las operaciones esenciales de calidad.
  - Red de distribución y medidores expuestos a la intemperie, susceptibles al congelamiento.
  - Irregularidad en los arranques en el límite del área operacional.
- Capacidades adaptativas:
  - Directiva actual con un estilo participativo y de control más estricto, lo que ha permitido ordenar la administración.
  - Estabilidad financiera relativa, con capacidad para recaudar y cubrir los gastos operativos esenciales.
  - Operadores jóvenes, con conocimientos tecnológicos, fuerte compromiso y disposición al aprendizaje.

5.2.1.6 PINDACO-QUITRIPULLI

- Tipo de fuente: principalmente superficial, uso subterráneo complementario.
- Arranques: 156 (con aproximadamente 20 solicitudes en lista de espera).
- Descripción general: Desde sus inicios, el comité ha enfrentado dificultades. El proyecto de construcción de un pozo, financiado por el MOP, presentó discontinuidades en las empresas ejecutoras. Para habilitarlo, fue necesario gestionar fondos adicionales con la municipalidad y realizar un lavado, ya que inicialmente extraía grandes cantidades de sedimentos arenosos. Tras esta intervención, el pozo funcionó adecuadamente durante solo un año, tras lo cual comenzó a presentar altas concentraciones de hierro que afectaban la calidad del agua y la mantención de la infraestructura. Posteriormente fue declarado pozo seco y, en la actualidad, solo se utiliza de forma complementaria en verano, extrayendo un caudal reducido para el retrolavado del filtro. En momentos críticos, se usa priorizando la cantidad por encima de la calidad, sacrificando la limpieza del sistema. La fuente principal proviene de vertientes naturales. La infraestructura de captación, instalada por la propia comunidad, es precaria y enfrenta serias limitaciones ante la creciente escasez de agua. Durante los meses de verano, la situación se agudiza por disminución de cursos superficiales y al incremento de la demanda vinculada a la actividad agrícola. También se registran pérdidas de agua, pues las tuberías no cuentan con suficiente protección y persiste una baja conciencia del uso responsable del agua. La capacidad de almacenamiento es insuficiente para las necesidades de la comunidad. El área de operación incluye dos sectores: Pindaco y Quitripulli. Debido al desnivel geográfico y a la capacidad de almacenamiento insuficiente, parte de la red presenta baja presión y frecuentes interrupciones del suministro.
- Percepción de cambios territoriales y climáticos: En años recientes se ha observado un proceso de parcelación. La comunidad identifica efectos del Cambio Climático, como la pérdida de humedales y el reemplazo de turberas por vegetación arbustiva y forestal. Asimismo, se mencionan períodos de sequía más prolongados y una disminución de las precipitaciones, lo que agrava los problemas de disponibilidad de agua.
- Sensibilidades:
  - Aumento de la demanda en estival por parte de la ganadería, junto con una disminución de la fuente superficial.
  - Infraestructura de captación insuficiente para cubrir las necesidades de la comunidad.
  - Irregularidad en los derechos de agua.
  - Pozo con altas concentraciones de hierro y actualmente declarado pozo seco.

- Gestión administrativa de cobros y consumos realizada manualmente.
- Ausencia de derechos de aprovechamiento en las fuentes superficiales cercanas.

- Capacidades adaptativas:
  - Colaboración comunitaria ante situaciones de emergencia.
  - Capacidad para gestionar fuentes de financiamiento adicionales.
  - Presencia de miembros con amplia experiencia y conocimiento, quienes han participado en distintas etapas del comité y en diversos roles.

5.2.1.7 ASTILLERO-PUNAHUEL

- Tipo de fuente: subterránea.
- Arranques: 370 (sin solicitudes en la lista de espera).
- Descripción general: La localidad ha experimentado un crecimiento exponencial. De manera excepcional, gracias a la participación y presión de la comunidad en el diseño del proyecto, este fenómeno logró incorporarse a la planificación, que inicialmente contemplaba solo 106 arranques. Actualmente, la proyección establece un límite de 500 arranques. Pese a que la infraestructura es reciente, se reportan problemas técnicos recurrentes, como fugas en la red, que afectan la presión del agua y provocan cortes en el suministro. La calidad del agua constituye otro desafío, ya que el pozo presenta contaminación por bacterias que liberan hierro. Aunque los análisis no registran niveles elevados de hierro, las biopelículas resultantes afectan las tuberías y las bombas. En respuesta, la DOH implementó un protocolo de emergencia que incluye la cloración y el lavado del pozo.
- Percepción de cambios territoriales y climáticos: Se señala que la deforestación y la pérdida de humedales han reducido la disponibilidad de agua. Asimismo, se perciben cambios en los patrones climáticos, con inviernos menos lluviosos, veranos más cálidos y precipitaciones concentradas e intensas.
- Sensibilidades:
  - Pozo afectado por bacterias de hierro.
  - Escasa participación de socios, lo que dificulta la renovación y el traspaso de la directiva.
  - Infraestructura que presenta fugas y otros problemas técnicos
- Capacidades adaptativas:
  - Implementación de software para la administración y el control del consumo.
  - Disponibilidad de más de un operario, lo que permite dar una respuesta rápida ante las fallas técnicas.

- Capacidad financiera suficiente para cubrir los gastos operativos, gracias a una recaudación mensual estable. No existen mayores problemas de morosidad, dado que se aplican cortes como medida regulatoria.

5.2.1.8 RILAN

- Tipo de fuente: superficial.
- Arranques: 133 (sin solicitudes pendientes en la lista de espera).
- Descripción general: El SSR comenzó a operar hace 30 años y hace 12, fue sometido a un proceso de renovación. Desde entonces, no se han realizado mejoras sustanciales en la infraestructura, que presenta fallas frecuentes debido al deterioro de bombas, tableros de control y la red de distribución, lo que genera fugas en uniones antiguas. El sector alto se ve particularmente afectado por las interrupciones del suministro, ya que depende de una bomba de impulsión que falla de manera recurrente; durante la visita se constató que este sector había estado 18 días sin agua en las últimas tres semanas. Los recursos económicos son limitados, lo que restringe la implementación de mejoras y la capacidad de respuesta ante emergencias.

  El último cambio de directiva se realizó sin un traspaso adecuado, por lo que actualmente la administración opera sin acceso a la cuenta bancaria y con duplicidad de funciones: el presidente también actúa como operario de la planta de tratamiento. A pesar de estas dificultades, la comunidad muestra cohesión para enfrentar emergencias y gestionar proyectos con el apoyo municipal. La localidad cuenta con una red de alcantarillado y una planta de tratamiento de aguas servidas, implementadas por la Municipalidad de Castro hace aproximadamente 15 años. Se indica que su mantención resulta compleja, aunque gran parte del presupuesto fijo se destina a este ítem.
- Percepción de cambios territoriales y climáticos: No se perciben grandes cambios en el clima. Se observan sectores de reforestación subsidiados por CONAF. La comunidad ha notado veranos más intensos y cortos, con aumentos de temperatura en pocos días, cambios en la vegetación y la aparición de plagas (gusanos), posiblemente asociadas al uso de químicos agrícolas.
- Sensibilidades:
  - Capacidad de almacenamiento limitada.
  - Sobreconsumo de agua en actividades agrícolas y ganaderas.
  - Cortes prolongados del suministro.
  - Infraestructura antigua
  - Recursos económicos limitados

- Capacidades adaptativas:
  - Cohesión comunitaria en momentos críticos, movilizando recursos y mano de obra para enfrentar fallas técnicas.
  - Existencia de una red de alcantarillado y de una planta de tratamiento de aguas servidas.

5.2.1.9 PID PID

- Tipo de fuente: mixta (superficial y subterránea).
- Arranques: 800 (con más de 200 solicitudes en la lista de espera).
- Descripción general: El comité surge en 1997 y presenta defectos estructurales en la red de distribución, que creció de manera desordenada y poco orgánica. Dentro de la red coexisten tuberías de distintos diámetros, lo que genera problemas de presión y afecta especialmente al sector más antiguo, donde el diámetro es de 50 mm. La capacidad de abastecimiento es insuficiente, especialmente durante el periodo estival, cuando la demanda aumenta debido al turismo. Actualmente, la infraestructura no cubre la creciente demanda, lo que hace urgente la renovación y la adquisición de nuevas fuentes de agua. Estas soluciones se han retrasado debido a que las fuentes superficiales no cuentan con derechos de agua disponibles. Actualmente, se está avanzando en un estudio de prospección para la construcción de un pozo.
- Percepción de cambios territoriales y climáticos: La transformación del territorio ha afectado el ciclo del agua debido a la construcción, la deforestación y la extracción de pompones. La comunidad reconoce la existencia de Cambio Climático, con variaciones significativas en la intensidad de las precipitaciones. Se percibe que el ambiente está más seco y que el agua permanece por menos tiempo en el entorno.
- Sensibilidades:
  - Infraestructura de almacenamiento insuficiente.
  - Reducción del apoyo de los socios, lo que dificulta el traspaso de la administración; el presidente actual lleva 12 años en la directiva y es una persona mayor.
  - Ausencia de derechos de aprovechamiento de agua (DAA) en las fuentes superficiales cercanas, lo que retrasa proyectos de renovación.
- Capacidades adaptativas:
  - Disponibilidad de más de un operador y registro sistemático del control de calidad y de la operación.
  - Implementación de software para la administración y el control del consumo.

- Recaudación mensual suficiente para cubrir los gastos operativos y mantener un fondo de emergencia.

5.2.1.10 LLAU LLAO

- Tipo de fuente: mixta (superficial y subterránea).
- Arranques: 1246 (con 154 solicitudes en lista de espera).
- Descripción general: El comité cuenta con pozos y captaciones superficiales de buena calidad. El servicio debe atender una alta demanda debido al rápido crecimiento poblacional y al turismo. Su principal desafío es la capacidad de almacenamiento, que limita la respuesta ante el aumento de la demanda en época estival, especialmente en el sector Tente Bajo. Gracias a un proyecto municipal se cuenta con una planta de tratamiento que opera para 388 domicilios (31% de la cobertura). Adicionalmente, se enfrentan a fallas derivadas de la infraestructura antigua (roturas de cañerías, pérdidas de agua y daños en medidores por heladas) y a cortes eléctricos. Para mitigar estos problemas, se han adquirido fuentes alternativas de energía, aunque aún falta un generador que respalde toda el área de operación. Recientemente, se ha optado por el financiamiento privado para mejorar la infraestructura de almacenamiento. La gestión se realiza principalmente con recursos propios, con apoyo limitado de instituciones públicas, aunque se han apalancado algunos fondos municipales. La participación comunitaria es baja, a pesar de que la organización mantiene un rol social relevante en la comunidad, al igual que otras entidades, como las juntas de vecinos.
- Percepción de cambios territoriales y climáticos: Se observa un aumento poblacional que ejerce presión sobre el sistema y sobre turberas cercanas. Se perciben veranos más calurosos, inviernos más fríos, heladas y lluvias más intensas, pero de menor duración.
- Sensibilidades:
  - Aumento de la demanda estival de turismo.
  - Infraestructura de almacenamiento insuficiente.
  - Alta tasa de crecimiento y alta demanda de agua.
  - Altos costos energéticos.
- Capacidades adaptativas:
  - Uso de software para la administración y el control del consumo.
  - Red de alcantarillado y planta de tratamiento de aguas servidas.
  - Contratación de un administrador, con descentralización de la gestión desde la directiva, sujeta a reelecciones periódicas.

- Equipo consolidado, con gran capacidad técnica y experiencia de más de 10 años, reflejada en la operación de sistemas automatizados.
- Monitoreo regular de operaciones y calidad del agua.
- Capacidad financiera que permite acceder a préstamos bancarios para implementar mejoras de forma autónoma.

5.2.1.11 RÍO LLOLLE

- Tipo de fuente: superficial, vertiente del río Llolle.
- Arranques: 88 (aproximadamente 30 solicitudes en la lista de espera).
- Descripción general: El comité surge de la autogestión comunitaria a finales de los años 90. La falta de inversión externa se refleja en la precariedad de la infraestructura, construida principalmente mediante mingas, donaciones y aportes propios. La fuente superficial mantiene un nivel suficiente durante todo el año; sin embargo, durante la época estival, cuando la demanda aumenta, se presentan problemas de escasez debido a la limitada capacidad de almacenamiento y a la disminución de la presión, lo que impide abastecer sectores más alejados, en una red que se extiende hasta 11 km. Se registran cortes de suministro, especialmente en invierno, causados por el congelamiento, la rotura de cañerías, las fallas en las bombas y la alta dependencia del almacenamiento. Las emergencias pueden durar entre 2 y 5 días.
  Recientemente, el comité fue incorporado al sistema de la DOH, aunque aún no cuenta con una licencia formal definitiva. Cuentan con derechos de agua sobre la vertiente, pero la falta de escritura y la regularización en trámite limitan la postulación a fondos.
- Percepción de cambios territoriales y climáticos: Se observa parcelación de terrenos, aumento poblacional, deforestación y pérdida de pompones asociadas a incrementos de temperatura. En cuanto al clima, se perciben estaciones menos marcadas, menor precipitación y veranos más calurosos y secos.
- Sensibilidades:
  - Limitaciones técnicas, financieras y regulatorias que retrasan las mejoras sustanciales.
  - Gestión administrativa de cobros y seguimiento del consumo, aún manual.
  - Infraestructura insuficiente.
  - Aumento de demanda estival.
  - Capacidad financiera limitada, que solo permite contratar a un operador durante pocas horas.
- Capacidades adaptativas:

- Alta cohesión social y participación de los socios.
- Incorporación reciente al sistema DOH.
- Equipo consolidado con amplio conocimiento del sistema.

5.2.1.12 QUEILÉN

- Tipo de fuente: mixta (superficial y subterránea).
- Arranques: 1.383, con factibilidad para nuevos arranques.
- Descripción general: El comité de SSR existe desde 1982, con una estructura consolidada y autonomía financiera. Inicialmente, el abastecimiento era subterráneo mediante seis punteras; luego se amplió a 12, y actualmente se cuenta con 24. La captación superficial se encuentra en la laguna Pío Pío. Hoy en día, ambas fuentes se utilizan de manera alternada y combinada, con predominio del agua superficial (70%) sobre la subterránea (30%).

  La organización ha logrado anticiparse y sortear problemas de abastecimiento mediante ampliaciones y mejoras realizadas con recursos propios y, en ocasiones, con el apoyo de la DOH. También se han superado problemas de calidad del agua, como la presencia de algas en la fuente superficial y la salinidad en los pozos. Actualmente, el sistema abastece tanto a la zona urbana como a la rural, con un crecimiento significativo en el número de arranques.
- Percepción de cambios territoriales y climáticos: Se ha observado una urbanización progresiva, ligada a proyectos inmobiliarios y a la migración laboral asociada a la industria salmonera. El paisaje natural (bosques y lagunas) se mantiene sin cambios significativos. El clima se percibe relativamente estable, con estaciones marcadas y veranos más secos y calurosos.
- Sensibilidades:
  - Problemas de calidad en ambas fuentes de agua (cianobacterias en la Laguna Pío Pío).
  - Dependencia financiera de industrias con alto consumo de agua.
- Capacidades adaptativas:
  - Contratación de un administrador, con descentralización de la gestión desde la directiva, sujeta a reelecciones periódicas.
  - Disponibilidad de más de un operador con experiencia.
  - Existencia de red de alcantarillado.
  - Monitoreo regular de las operaciones y de la calidad del agua.

5.2.1.13 AUCHAC

- Tipo de fuente: subterránea.
- Arranques: 160 (con 15 solicitudes en lista de espera, sin factibilidad).
- Descripción general: El comité fue formado en 1992 por 78 usuarios, surgiendo como respuesta al agotamiento de pozos y vertientes en la zona alta y al traslado de la población hacia el sector bajo. Inicialmente, la captación se realizaba a través de un pozo en el sector de la laguna; actualmente, la fuente es superficial. La infraestructura es precaria y presenta desgaste por su antigüedad. El sector alto frecuentemente presenta problemas de presión. Durante el verano, la disminución de la fuente superficial genera escasez de agua, coincidiendo con un aumento de la demanda, lo que reduce rápidamente los niveles de los estanques y disminuye la presión, provocando cortes en el sector sur. Como solución a corto plazo, se ha habilitado un bypass desde Curanué (SSR vecino). A largo plazo, se gestiona la construcción de un pozo; sin embargo, los resultados del sondaje realizado no fueron comunicados al comité.
- Percepción de cambios territoriales y climáticos: Se observa un aumento de la población y de las parcelaciones, así como una mayor contaminación por leña, residuos y actividades de salmoneras. Indica que la presencia de salmoneras y pesqueras genera empleo, pero también genera externalidades negativas. Actividades como la tala de árboles y extracción de turberas podrían afectar la disponibilidad hídrica. Respecto al clima, hay percepciones divididas: algunos consideran que siempre hubo ciclos de lluvia y sequía; otros notan mayor calor, sequedad del suelo y menor retención de humedad.
- Sensibilidades:
  - Escasez de agua estival.
  - Aumento de la demanda debido a la llegada de turistas.
  - Falta de infraestructura de almacenamiento.
  - Gestión administrativa del cobro y seguimiento manual del consumo.
- Capacidades adaptativas:
  - Implementación de un bypass desde Curanué para enfrentar la escasez estival.

Adopción de medidas para regular y limitar el uso excesivo de agua.

5.2.1.14 QUILEN

- Tipo de fuente: superficial.
- Arranques: 75 (sin factibilidad de aumento).
- Descripción general: El comité enfrenta serias dificultades de continuidad en el suministro debido al deterioro agudo de la infraestructura: las bombas y el tablero eléctrico presentan fallas crónicas y gran parte de la red presenta fugas. La captación superficial se seca en verano, lo que obliga a las familias a comprar agua embotellada o a buscar fuentes alternativas en ríos. La directiva indica que el sistema nunca fue entregado en condiciones óptimas, lo que obliga a la comunidad a sostenerlo mediante rifas, donaciones y esfuerzos personales. Actualmente, el agua no es potable, ya que el filtro está fuera de servicio y la cloración no se realiza adecuadamente. A pesar de contar con capacitaciones, estas se consideran repetitivas y poco útiles para resolver los problemas operativos.
- Percepción de cambios territoriales y climáticos: Se observan pocos cambios territoriales: no hay parcelaciones ni deforestación cercana significativa. Recientemente comenzó a operar una empresa salmonera en el área. El clima se caracteriza por veranos secos y menor disponibilidad de agua.
- Sensibilidades:
  - Aumento de la demanda estival de agua junto con una disminución de la fuente.
  - Infraestructura deficiente: bombas que se queman, tablero eléctrico crónicamente dañado, red de PVC con fugas.
  - Ausencia de derechos de aprovechamiento de agua.
  - Escasa competencia técnica en la operación, lo que genera un rápido deterioro de los componentes del sistema.
  - Filtro inoperativo y cloración suspendida, lo que hace que el agua no sea potable.
  - Discontinuidad de la directiva.
- Capacidades adaptativas:
  - Colaboración comunitaria ante emergencias.
  - La comunidad mantiene fuentes complementarias de agua.

5.2.1.15 VILLA CORCOVADO, SAN ANTONIO Y OQUELDÁN

- Tipo de fuente: mixta (principalmente superficial, complementada con un pozo en Oqueldán).
- Arranques: 800 (estimando al menos un arranque informal por cada formal).
- Descripción general: El SSR comenzó sus operaciones en 2000 con 100 socios. Desde entonces, la localidad ha experimentado un crecimiento exponencial asociado a la llegada de la industria salmonera. Este crecimiento desordenado y la falta de planificación y regulación adecuadas han generado sobrecargas en el sistema y ampliaciones informales antes de la restricción de la factibilidad. La demanda actual supera la capacidad de la infraestructura existente. Aunque hay proyectos en marcha para mejorar el sistema, estos avanzan lentamente.

  La captación principal es superficial (vertiente/río), complementada con un pozo en los sectores San Antonio y Oqueldán. Durante el verano, la fuente superficial disminuye, lo que reduce la capacidad de producción. Como solución, se autogestionó la construcción del pozo a 10 metros de la captación superficial, que extrae una pequeña cantidad de agua para atender la demanda. Antes de su operación, este pozo presentaba interrupciones frecuentes por fallas de presión debido a su ubicación en altura.

  - Percepción de cambios territoriales y climáticos: Se percibe presión inmobiliaria y salmonera que ha generado una expansión urbana desordenada, cambios en el uso del suelo, loteos y la pérdida de bosques y humedales, afectando la disponibilidad de agua. Las lluvias se perciben irregulares y los problemas de sequía estival son cada vez más frecuentes.
  - Sensibilidades:

  - Crecimiento descontrolado.
  - Escasez de agua estival.
  - Dependencia financiera de industrias con alto consumo de agua.
  - Capacidades adaptativas:
  - Proyectos para mejora de infraestructura
  - Naturaleza mixta de fuentes de agua

EN SINTESIS

A partir de las visitas realizadas a los SSR y de los antecedentes proporcionados por los entrevistados, se identifican tres grandes desafíos que deben enfrentar los SSR: la **escasez estival, el deterioro de la infraestructura y las limitaciones en la gestión administrativa y operativa.** La escasez estival se menciona en nueve sistemas, de los cuales cinco están agravados por el aumento de la demanda asociada a la población flotante y la ganadería. Además, se mencionan importantes diferencias en la capacidad de almacenamiento, la cobertura de la red y el soporte técnico, aspectos que repercuten directamente en la continuidad y la calidad del suministro. En este escenario, la participación comunitaria y la experiencia de los operadores emergen como capacidades adaptativas decisivas, para asegurar la operación eficiente, especialmente en contextos de alta demanda o frente a eventos extremos.

En materia de gestión y administración, se observa un marcado contraste entre los distintos SSR consultados. De los quince comités analizados, solo cuatro utilizan programas especializados, como Mysoft o Asesora, que les permiten mejorar la transparencia en los cobros y optimizar la administración del servicio. En contraste, siete dependen de Excel u otras planillas manuales desarrolladas por tesoreros u operadores, mientras que cuatro funcionan sin software formal y se limitan a registros manuales.

Respecto a la calidad del agua, se constata que seis comités califican el recurso como “muy bueno” y sin mayores problemas, mientras que nueve reportan dificultades recurrentes, asociadas a turbiedad, sedimentos, concentración elevada de hierro o fallas en la cloración. En algunos casos, estas problemáticas se vinculan al uso de productos químicos vencidos o a la dosificación deficiente. Adicionalmente, se identifican riesgos puntuales de contaminación por intrusión salina.

En lo relativo al saneamiento, solo tres de los quince SSR cuentan con alcantarillado y dos presentan sistemas de saneamiento, uno de los cuales opera en una zona restringida de su área de operación. Como alternativas, se utilizan fosas sépticas; en cinco SSR persisten pozos negros (consideradas prácticas deficitarias); en tres SSR se detectan descargas directas al mar y en dos se reutilizan aguas grises para riego. Lo anterior evidencia un déficit estructural generalizado en la gestión de aguas servidas con potenciales impactos ambientales negativos.

A partir de la información recopilada durante el trabajo de campo, se identificaron brechas relacionadas con los componentes estructurales y no estructurales de los SSR. Dichas brechas constituyen un insumo fundamental para:

1) la determinación de los indicadores de vulnerabilidad y capacidades de adaptación al Cambio Climático de los SSR de la Isla Grande de Chiloé y
2) El desarrollo de un catálogo de medidas estructurales y no estructurales que permitan a los SSR hacer frente a las brechas identificadas.

A continuación, se presentan los resultados referentes a la estimación de indicadores de vulnerabilidad y capacidad de adaptación al Cambio Climático de los SSR de la Isla Grande de Chiloé.

5.3 INDICADORES DE RIESGO HÍDRICO PARA LA ISLA GRANDE DE CHILOÉ.

El riesgo climático es el resultado de la interacción entre los siguientes componentes: la amenaza climática, la exposición de los elementos (en este caso los SSR) y su grado de vulnerabilidad, que está compuesto tanto por la sensibilidad como por la capacidad adaptativa de los SSR para enfrentar los efectos adversos. La gestión del riesgo climático requiere la evaluación y mitigación de estos componentes para reducir los impactos negativos sobre las comunidades y los ecosistemas. Para el caso de la Isla Grande de Chiloé, no todos los sistemas sanitarios están expuestos en el mismo grado a estos factores, y por tanto su capacidad adaptativa deberá adecuarse a sus contextos locales. Respecto de las amenazas climáticas, estas son homogéneas a lo largo del territorio, es decir, todas los SSR están expuestas a los mismos tipos de amenazas, aunque no necesariamente en igual magnitud e intensidad.

Para el área de estudio, la variabilidad del riesgo climático se debe a diferencias en la exposición y la vulnerabilidad, características particulares que presenta cada una de las SSR. En este sentido, se ha identificado que no necesariamente todos los SSR en la Isla están experimentando el mismo tipo de sequía, dado que diferentes causas pueden estar produciendo la escasez del recurso hídrico. En términos operacionales Wilhite y Glantz (1985) detectaron más de 150 definiciones de sequías, categorizándolas en cuatro grupos:

1. Sequía meteorológica, se basa en datos climáticos y es una expresión de la desviación de la precipitación respecto a la media durante un período de tiempo determinado. En la mayoría de los casos, las definiciones de sequía meteorológica presentan información específica para cada región particular, que varía en función de las características del clima regional.
2. Sequía hidrológica, hace referencia a una deficiencia en el caudal o volumen de aguas superficiales o subterráneas (ríos, embalses, lagos, etc.). Al producirse un desfase entre la escasez de lluvias o nieves y la reducción del caudal de ríos o el nivel de lagos y embalses, las mediciones hidrológicas no pueden ser utilizadas como un indicador del inicio de la sequía, pero sí de su intensidad.
3. Sequía agrícola, se produce una sequía agrícola cuando no hay suficiente humedad en el suelo para permitir el desarrollo de un determinado cultivo en cualquiera de sus fases de crecimiento. Este tipo de sequía, por depender no solo de las condiciones meteorológicas, sino también de las características biológicas del cultivo y las propiedades del suelo, no es equivalente a la sequía meteorológica. Si los niveles de

humedad en el subsuelo son suficientes para proporcionar agua a un determinado tipo de cultivo durante el período que dure la sequía meteorológica, no llegará a producirse una sequía agrícola.

4. Sequía socioeconómica, se produce cuando la disponibilidad de agua disminuye hasta el punto de producir daños (económicos o personales) a la población de la zona afectada por la escasez de lluvias. La pujante presión antrópica sobre el recurso agua hace que cada vez sea mayor la incidencia de la sequía socioeconómica, con pérdidas económicas crecientes, incluso en el caso de una sequía meteorológica leve.

A continuación, se presenta el desarrollo para la estimación del riesgo hídrico para la Isla Grande de Chiloé, explicitando los datos utilizados para cada indicador y forma de normalizarlos en una escala de cinco categorías: “Muy Alto”, “Alto”, “Medio”, “Bajo”, “Muy Bajo”. Además de la caracterización del Riesgo Climático a través de indicadores de amenaza, exposición, vulnerabilidad y capacidad adaptativa, se hace una caracterización del tipo de escasez hídrica experimentada en los 15 SSR visitados en terreno, a partir de los principales hallazgos de las entrevistas realizadas.

5.3.1 DESARROLLO DEL INDICADOR DE RIESGO HÍDRICO Y DE LOS FACTORES DE EXPOSICIÓN Y VULNERABILIDAD DE LOS SSR.

El riesgo climático se define como el potencial de consecuencias adversas para los sistemas humanos o naturales, derivado de la interacción dinámica entre las amenazas climáticas, la exposición y la vulnerabilidad de las sociedades y los ecosistemas (IPCC, 2022).



Figura 62. Modelo analítico de riesgo. Elaboración propia en base al informe IPCC, 2014

De acuerdo con este marco, mientras la amenaza representa el evento físico (como sequías o inundaciones) y la exposición denota la presencia de elementos valorados en las zonas de impacto, la vulnerabilidad se manifiesta como una característica intrínseca del sistema. Esta última se conceptualiza como una función de la sensibilidad y la capacidad adaptativa (IPCC, 2014).

La sensibilidad se refiere al grado en que un sistema se ve afectado, de manera positiva o negativa, por la variabilidad o el cambio climático' (Adger, 2006), mientras que la capacidad adaptativa comprende el conjunto de capacidades y recursos disponibles para 'moderar los daños potenciales, aprovechar las oportunidades o hacer frente a las consecuencias' (IPCC, 2014). Por lo tanto, el riesgo no es solo el resultado de un fenómeno natural, sino también de una construcción social en la que la mejora de la capacidad adaptativa es el determinante crítico para reducir la vulnerabilidad neta del territorio.

Para efectos de la cuantificación y el análisis espacial del riesgo, la interrelación entre los factores mencionados se operacionaliza mediante una estructura de índices compuestos. Siguiendo la lógica metodológica propuesta por el IPCC (2014) y adaptada en diversos instrumentos de planificación nacional, el Riesgo (R) se evalúa como una función del producto de la Amenaza (A), la Exposición (E) y la Vulnerabilidad (V).

Ec.1

$$\mathrm{R} = \mathrm{f}(\mathrm{Amenaza}, \mathrm{Exposición}, \mathrm{Vulnerabilidad})$$

Ec.2

$$R = f(A, E, V)$$

Esta última (vulnerabilidad V), a su vez, se determina intrínsecamente a partir de la relación entre la Sensibilidad (S) y la Capacidad Adaptativa (CA). De este modo, mientras que la sensibilidad incrementa la susceptibilidad del sistema, la capacidad adaptativa actúa como factor atenuante, permitiendo que la ecuación capture no solo la fragilidad del territorio, sino también su potencial de respuesta y recuperación.

Ahora bien, la evaluación del riesgo para los Sistemas de Servicios Sanitarios Rurales (SSR) de la Isla Grande de Chiloé se organiza en torno a una única cadena de riesgo que integra amenaza, exposición y vulnerabilidad — que incluye sensibilidad y capacidad adaptativa — para explicar cómo se ven afectadas la cantidad y la calidad del agua de las fuentes que abastecen los SSR. La amenaza principal es el cambio climático (tendencias de temperatura,

precipitación y sequías a partir del SPI), mientras que la exposición se define desde la perspectiva del SSR como sujeto expuesto —según su ubicación, condiciones ambientales y grado de dependencia de sus fuentes hídricas— y no por características demográficas; así, factores como la localización en áreas con déficit climático (SPI/SPEI negativos), la cercanía al mar o a zonas con heladas y las condiciones de las captaciones determinan la exposición.

Elementos como el aumento poblacional o el número de personas por arranque se consideran indicadores de sensibilidad funcional porque incrementan la presión sobre la infraestructura y reducen la capacidad del SSR para mantener el suministro durante periodos de déficit. Esta aproximación integrada facilita la priorización de medidas de adaptación y mitigación para garantizar que los SSR suministren agua potable de manera continua y segura.

La asignación de pesos relativos para el cálculo del índice de riesgo (A: 25%, E: 35%, V: 40%) responde a la naturaleza geográfica y sociotécnica del área de estudio. La literatura especializada sostiene que la ponderación de los componentes del riesgo no es una constante universal, sino que debe adaptarse a la heterogeneidad de las variables según la realidad territorial (IPCC, 2022).

En contextos de alta pluviosidad, como en la Isla de Chiloé, la amenaza climática tiende a manifestarse de manera homogénea en el territorio. Como se evidencia en la Figura 30 y en la modelación de los mapas de estacionalidad y sequía (Capítulo 3), la disminución de las precipitaciones es transversal a la isla, lo que reduce la capacidad de la Amenaza para discriminar espacialmente el riesgo entre los distintos Sectores Sanitarios Rurales (SSR).

Ante esta baja varianza climática, el modelo de riesgo se calibra otorgando un rol protagónico a los factores de Exposición y Vulnerabilidad, que concentran el 75% del peso total de la evaluación. Esta decisión metodológica permite que el riesgo final sea un reflejo directo de las brechas en la calidad de la infraestructura, en la eficacia de la gestión comunitaria y en las capacidades locales de adaptación (SISS, 2022; FAO, 2016). Dentro de este bloque, se asigna una ponderación superior a la Vulnerabilidad que, a la Exposición, reconociendo que la sensibilidad y la capacidad adaptativa son las características intrínsecas que finalmente determinan la resiliencia de un SSR frente a un evento adverso.

Esta jerarquización metodológica permite identificar con mayor precisión aquellos sistemas que, aun bajo la misma presión climática, presentan mayores brechas de resiliencia y de susceptibilidad operativa (MMA, 2020).

Sobre esta base, la Tabla 18 muestra ponderaciones que otorgan mayor peso relativo a los componentes que permiten discriminar el nivel de riesgo entre los SSR de Chiloé.

Tabla 18. Ponderaciones para indicadores

Indicador	Ponderación (W)	Justificación
Amenaza (A)	25%	Homogeneidad espacial (moderada-baja), revisar capítulo 3
Exposición (E)	35%	Diferenciación por ubicación física de los SSR
Vulnerabilidad (V)	40%	Diferenciación por gestión, infraestructura y capacidad adaptativa

En este estudio los subindicadores de amenaza, exposición y vulnerabilidad (razón entre sensibilidad y capacidad adaptativa), se construyen a partir de factores estructurales y no estructurales asociados a cada uno de ellos lo que se describe en el Anexo 3.

5.3.2 INDICADORES PARA LA CUANTIFICACIÓN DEL RIESGO FRENTE A INTERRUPCIÓN DEL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE EN SSR

En esta sección se presentan los indicadores y subindicadores (Tabla 19) para evaluar el riesgo asociado al cambio climático y a factores externos que afecten la entrega continua de agua potable desde los Sistemas Sanitarios Rurales (SSR) de la Isla de Chiloé.

Se detallan los componentes de Amenaza (A) y Exposición (E), así como los factores de Sensibilidad (S) y Capacidad Adaptativa (CA), que permiten valorizar el indicador de Vulnerabilidad (V). Para su cuantificación, normalización y ponderación, se empleó una metodología conforme al marco conceptual del riesgo propuesto por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, 2014; 2022) y los lineamientos metodológicos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2018) para sistemas rurales de agua y saneamiento (Anexo 3).

La base de datos utilizada para la cuantificación de subindicadores se extraen a partir de fuentes oficiales como: la Dirección Meteorológica de Chile (DMC), Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2), Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), Dirección General de

Aguas (DGA), el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), CMIP6 climate projections20F[21], CONAF y MapBiomas Chile, complementando información levantada en campañas de terreno, entrevistas, y encuestas proveniente de los Comités y Cooperativas SSR.

Se detallan los componentes de Amenaza (A) y Exposición (E), así como los factores de Sensibilidad (S) y Capacidad Adaptativa (CA), que permiten valorizar el indicador de Vulnerabilidad (V). Para su cuantificación, normalización y ponderación, se empleó una metodología conforme al marco conceptual del riesgo propuesto por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, 2014; 2022) y los lineamientos metodológicos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2018) para sistemas rurales de agua y saneamiento (Anexo 3).

La base de datos utilizada para la cuantificación de subindicadores se extraen a partir de fuentes oficiales como: la Dirección Meteorológica de Chile (DMC), Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2), Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), Dirección General de Aguas (DGA), el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), CMIP6 climate projections20F[22], CONAF y MapBiomas Chile, complementando información levantada en campañas de terreno, entrevistas, y encuestas proveniente de los Comités y Cooperativas SSR.

[21] https://cds.climate.copernicus.eu/datasets/projections-cmip6?tab=overview.
[22] https://cds.climate.copernicus.eu/datasets/projections-cmip6?tab=overview.

Indicador	Dimensión (calidad, cantidad, continuidad)	Subindicador
Amenaza	Calidad, cantidad	Aumento de la T°
		Disminución de la pp (disminución media anual, estacional)
		Sequía prolongada a través de indicadores de sequía meteorológica: SPI**21F**[23]
Exposición	Calidad, continuidad	Cercanía de captaciones a fuentes de contaminación (industrias, vertederos, caminos)
	Cantidad, continuidad	Disminución de fuente de abastecimiento (superficial / subterránea)
	Calidad, continuidad	Exposición geográfica a intrusión salina y marejadas
		Exposición ambiental por pérdida de cobertura vegetal protectora
	Cantidad, continuidad	Exposición a presión antrópica en el área de recarga (cambio uso de suelo)
Sensibilidad	Cantidad, continuidad	Número de arranques
		Razón demanda segura estival**22F**[24]
		Crecimiento de la población
	Continuidad	Capacidad de almacenamiento per cápita
	Cantidad, calidad, continuidad	Disponibilidad/condición de componentes básicos para el funcionamiento de una SSR (de acuerdo a manual DOH para SSR)
	Calidad, continuidad	Disponibilidad y completitud de registros de calidad del agua entregada por la SSR
	Cantidad, calidad, continuidad	Diversificación de fuentes de abastecimiento
		Infraestructura, salud ecosistémica del entorno y capacidad de respuesta ante FEM, que causan cortes de suministro
	Continuidad	Capacidad de gobernanza y gestión comunitaria del SSR
	Cantidad, continuidad	Disponibilidad de DAA asignadas a la SSR
Capacidad Adaptativa	Cantidad, calidad, continuidad	Incorporación de tecnologías de gestión y control
		Proyección y compromiso institucional para el fortalecimiento de la infraestructura del Servicio Sanitario Rural (SSR) en horizontes corto (1–3 años) y mediano (4–10 años)
	Continuidad	Sistemas de respaldo energético
		Diversificación de fuentes de financiamiento
	Cantidad, calidad, continuidad	Gestión ambiental del entorno y/o protección de fuentes

Tabla 19. Indicadores y subindicadores asociados al riesgo de pérdida de continuidad del servicio en los sistemas sanitarios rurales.

[23] Standardised precipitation index. El SPI compara la precipitación acumulada en una escala temporal específica y en una ubicación determinada con su distribución a largo plazo, por ejemplo, de 30 años.
[24] Relación entre la disponibilidad efectiva de agua y la demanda máxima esperada durante la estación seca o de mayor consumo (período estival)

Para el cálculo operativo del índice, las variables se transforman a una escala lineal entre mínimo y máximos valores adimensional de 0 a 1, con el fin de mantener consistencia numérica en las operaciones multiplicativas. Por otra parte, la Capacidad Adaptativa (CA) se interpreta como un factor reductor del riesgo, que actúa dividiendo la sensibilidad efectiva del sistema (S/CA), de modo que un mayor nivel de capacidad adaptativa disminuye proporcionalmente la magnitud del riesgo calculado.

5.3.2.1 ÍNDICE DE AMENAZA

El Índice de amenaza (A) representa el componente climático del riesgo que afecta la continuidad del suministro de agua potable en los Sistemas Sanitarios Rurales (SSR).

Este índice sintetiza la probabilidad e intensidad de eventos climáticos adversos que pueden afectar la disponibilidad del recurso hídrico o comprometer la operación del sistema.

Se fundamenta en tres subindicadores (A1–A3) que capturan los principales forzantes de estrés climático identificados en la literatura y evidenciados en la Isla Grande de Chiloé:

- Aumento de la temperatura media anual (A1). Refleja el grado de calentamiento regional y su efecto en la evapotranspiración y la demanda de agua.
- Disminución de la precipitación media anual y estival (A2). Mide el déficit hídrico relativo entre escenarios presentes y futuros y determina la disponibilidad efectiva de agua.
- Sequía hidrológica a partir del Standardized Precipitation Index (SPI). Evalúa la frecuencia e intensidad de los eventos secos persistentes.

Cada subindicador se construyó mediante series observadas y proyectadas de temperatura y precipitación, basadas en datos de CR2, DMC y modelos CMIP6 (escenario SSP5–8.5), con análisis temporal entre 1980–2010 (presente) y 2035–2065 (futuro).

Es fundamental señalar que el análisis de estos indicadores se realiza a escala regional. La caracterización climática preliminar de la Isla Grande de Chiloé indica que no existe una variabilidad espacial significativa en las tendencias de temperatura y precipitación entre las comunas. Dado que el forzante climático se manifiesta de manera homogénea en toda la provincia, la amenaza se caracteriza, a escala global, como una isla. Por consiguiente, la capacidad de discriminación del riesgo final del modelo recaerá principalmente en la variabilidad local de la exposición y en la vulnerabilidad de cada SSR frente a este escenario

climático común. A continuación, se hace una breve descripción de los subindicadores de Amenaza, cuyo desarrollo metodológico se detalla en el Anexo 3.

Subindicador A1. Aumento en temperaturas

Constituye un factor determinante para la seguridad hídrica de los SSR, en tanto incide directamente en la disponibilidad de los recursos y en la demanda del servicio. De acuerdo con el IPCC (2021), incrementos superiores a +1 °C respecto al periodo preindustrial ya representan un cambio significativo en los sistemas naturales y sociales, mientras que aumentos iguales o superiores a +2 °C generan impactos críticos en el balance hídrico. El planeta se ha calentado en torno a +1,1 °C, y las proyecciones bajo escenarios SSP indican incrementos de entre +2 y +4 °C hacia fines de siglo (IPCC, 2022). A nivel nacional, se han documentado tendencias de hasta 0,5 °C por década en la zona centro-sur, asociadas a reducciones significativas en la disponibilidad de agua (Boisier et al., 2018), mientras que la denominada "megasequía" evidenció que incluso un aumento cercano a +1 °C, combinado con menores precipitaciones, derivó en efectos severos sobre los caudales y el abastecimiento de agua (CR2, 2017). Proyecciones del Ministerio del Medio Ambiente (2020) y de Arriagada et al. (2022) indican incrementos de entre +1 y +3 °C hacia mediados del siglo, lo que refuerza la consideración de +2 °C como un umbral crítico para la gestión del recurso hídrico. Finalmente, en cuanto a extremos, la literatura sobre salud y cambio climático establece que las olas de calor pueden definirse a partir de percentiles elevados (≥90) de la distribución histórica de temperatura (Smith et al., 2014), lo que, en territorios como Chiloé, implica que episodios de 28–30 °C generan condiciones críticas de estrés térmico y presión adicional sobre el suministro de agua.

Subindicador A2. Disminución de la precipitación

Se considera un factor crítico para la seguridad hídrica de los SSR, en particular en sistemas dependientes de aguas subterráneas y de escurrimientos pluviales, como los de la Isla Grande de Chiloé. De acuerdo con el IPCC (2021), reducciones relativamente pequeñas de la precipitación (<5 %) ya pueden afectar el balance hídrico local, especialmente cuando se combinan con aumentos de temperatura que intensifican la evapotranspiración. El Informe de la Agencia Internacional de la Energía (IEA) para Chile estima reducciones promedio de aproximadamente −6 % en escenarios de bajas emisiones, que aumentan hasta −16 % en escenarios de altas emisiones (IEA, 2024), lo que marca un umbral de déficit moderado. Por otra parte, estudios nacionales muestran que disminuciones de entre −10 % y −20 %

constituyen un umbral significativo: el Ministerio del Medio Ambiente (2020) y Arriagada et al. (2022) proyectan reducciones de este orden hacia mediados de siglo, mientras que el CR2 (2017) asocia déficits de esta magnitud con impactos relevantes en los caudales y la recarga. Finalmente, un déficit igual o superior a −20 % debe considerarse crítico, dado que la megasequía 2010–2015 —con anomalías en torno a ese valor— produjo la crisis hídrica más grave en Chile central, con consecuencias severas en el abastecimiento de agua (CR2, 2017; Boisier et al., 2018). Estos antecedentes permiten establecer umbrales operativos para los SSR de Chiloé: déficit moderado (−6 %), significativo (−10 % a −19 %) y severo o crítico (≥−20 %).

El análisis se desarrolla con base en un escenario presente, definido a partir de datos históricos de precipitación correspondientes al período 1980–2010, y en un escenario futuro, con datos simulados bajo el escenario de emisiones SSP5-8.5, para el período 2035–2065. Para el análisis del año regular, se utiliza el promedio anual de precipitación; mientras que para el período estival, se realiza un análisis mensual para capturar la variabilidad intraestacional. Finalmente, el análisis de amenaza climática se efectúa a nivel comunal, aun cuando el escenario climático no presenta diferencias significativas entre comunas.

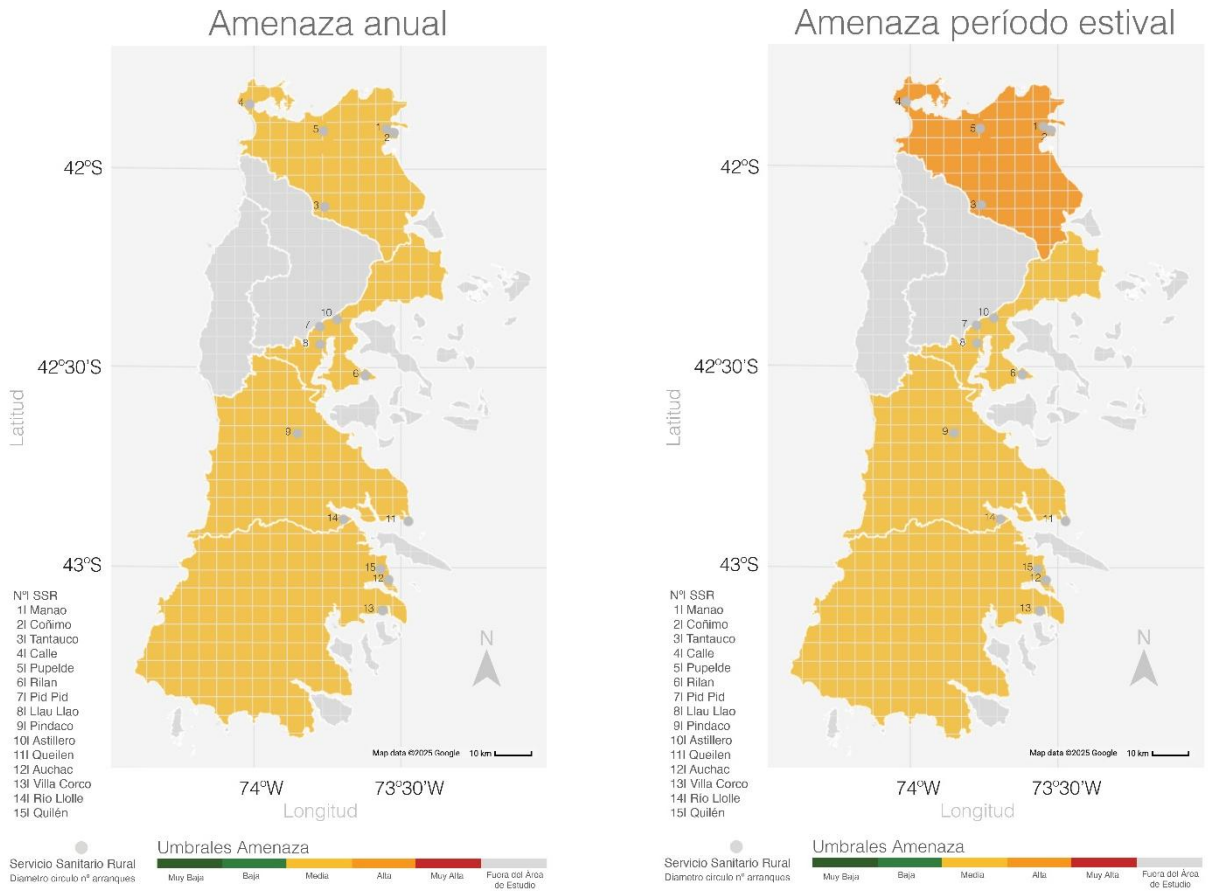
Subindicador A3. Sequía hidrológica estimada en base al Standardized Precipitation Index (SPI)

El Standardized Precipitation Index (SPI) es la herramienta estadística más utilizada a nivel global para el monitoreo y la clasificación de la sequía meteorológica. Desarrollado originalmente por McKee et al. (1993), el SPI cuantifica la escasez de precipitación al comparar la precipitación acumulada en un período específico (por ejemplo, 3, 6 o 12 meses) con el registro histórico de esa misma ventana temporal. Su principal ventaja radica en su capacidad de ser aplicado de forma universal, ya que se expresa en unidades de desviación estándar. Los valores negativos indican condiciones de sequía, mientras que los valores positivos denotan condiciones de humedad superior a la media. Para garantizar una aplicación uniforme y una interpretación consistente de la severidad del evento, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) estandarizó el uso de este índice, estableciendo umbrales claros (como −1.0 para sequía moderada, −1.5 para sequía severa y ≤−2.0 para sequía extrema) que permiten una clasificación precisa de la intensidad de la sequía (OMM, 2012).

Si bien el SPEI incorpora el efecto combinado de la precipitación y la evapotranspiración potencial, los resultados previos del análisis climático —ver figura 22: Series de tiempo de los componentes del balance superficial para el periodo histórico 1986-2020 y futuro 2021-2060— muestran que ambas variables presentan tendencias similares, con cambios de almacenamiento en el suelo muy bajos.

Este comportamiento sugiere que el uso del SPI resulta suficiente para capturar la señal de sequía meteorológica relevante para los SSR de la Isla de Chiloé, sin comprometer la representatividad del fenómeno.

En coherencia con el desarrollo metodológico presentado en las secciones anteriores, el mapa de amenaza sintetiza espacialmente los resultados del indicador de amenaza (A), calculado a partir de la normalización, umbralización y ponderación de los subindicadores asociados al aumento de la temperatura, la disminución de la precipitación y la sequía hidrológica estimada mediante el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI).



(a)

(b)

Figura 63. Mapa de comparación entre Amenaza Anual (a) y Amenaza Mensual (b) (octubre-marzo) para las SSR de la Isla Grande de Chiloé.

La comparación entre la amenaza climática anual (A.C.A.) y la amenaza climática mensual para el período crítico octubre–marzo (A.C.M.) evidencia un incremento sistemático de la amenaza en todos los Sistemas Sanitarios Rurales analizados, confirmando el carácter estacional del riesgo climático.

En los SSR de la comuna de Ancud, este aumento resulta suficiente para generar un cambio de categoría, pasando de un nivel medio a alto de amenaza, explicado principalmente por la mayor disminución de precipitaciones durante los meses más cálidos, subindicador que posee un peso relativo significativo en el índice. En el resto de los SSR, si bien no se observa un cambio de nivel, los valores de la amenaza mensual se sitúan consistentemente por sobre los promedios anuales, acercándose al umbral superior del nivel medio, lo que sugiere la

presencia de una amenaza latente que podría intensificarse ante eventos extremos o condiciones operacionales adversas. Estos resultados confirman que el uso exclusivo de indicadores anuales tiende a subestimar las condiciones críticas de estrés hídrico, reforzando la necesidad de incorporar análisis mensuales focalizados en los períodos de mayor demanda y vulnerabilidad para una evaluación más realista y útil del riesgo climático.

Los resultados muestran que la amenaza climática evaluada en términos anuales tiende a subestimar las condiciones de estrés hídrico que se manifiestan durante el período octubre–marzo. En particular, los SSR de la comuna de Ancud evidencian un cambio de categoría de amenaza, pasando de nivel medio a alto al considerar la disminución de precipitaciones en los meses críticos, lo que confirma la relevancia de incorporar análisis estacionales para una evaluación más realista del riesgo climático.

5.3.2.2 ÍNDICE DE EXPOSICIÓN

El componente de exposición (E) se analiza a escala local y caracteriza el grado en que los SSR se encuentran ubicados en entornos geográficos y ambientales que incrementan su susceptibilidad ante condiciones climáticas adversas o presiones externas. Este componente integra cuatro subindicadores que capturan distintas dimensiones del entorno físico y territorial que se explicarán a continuación.

Subindicador E1. Cercanía de captaciones a fuentes de contaminación (industrias, vertederos, caminos)

La evaluación de exposición en los SSR se fundamenta en el principio de Seguridad Hídrica, orientado a proteger la calidad del agua cruda destinada al consumo humano. A nivel nacional, este análisis se rige por la Ley N° 20.998, que mandata la garantía de la continuidad y la calidad del servicio, y por el Código de Aguas (Art. 61 y 147 quáter), que establece un área de protección legal mínima de 200 metros en torno a las captaciones para prevenir interferencias antropogénicas y riesgos sanitarios.

Complementariamente, el Manual de Proyectos APR (DOH, 2019) y los estándares de la OMS (2011) y de la EPA (1997) definen un radio de vigilancia técnica de 1.000 metros (Zona de Susceptibilidad Alta) y un área de influencia regional de 5 km para evaluar la presión antrópica acumulada.

La metodología se ejecutó con capacidades de computación en la nube a través de Google Earth Engine, analizando una base de datos de más de 1.000 puntos de contaminación potencial y la red vial completa de la isla. El proceso se desglosó en las siguientes etapas técnicas:

- **Categorización:** Las fuentes se clasificaron por niveles de prioridad según su peligrosidad intrínseca:
    - Alta Prioridad: Vertederos (12 unidades) y PTAS (14 unidades), debido a su potencial de generación de lixiviados y efluentes bacteriológicos
    - Actividad Acuícola e Industrial: Centros de cultivo de salmones (185), moluscos (675), algas (54) y plantas procesadoras (58)
    - Infraestructura de Transporte: Red vial (caminos), evaluada como corredor de contaminantes accidentales y escorrentía
- **Procesamiento de Buffer y Distancias:** Para cada SSR se estableció un área de influencia de 5.000 metros (5 km). Mediante el álgebra de mapas, se calcularon las distancias euclidianas exactas desde la captación hasta cada foco contaminante y el camino más cercano, con una precisión de 1 metro.

Con estos insumos, el indicador categoriza la exposición mediante una matriz de parámetros independientes. Bajo un criterio de prevención de riesgos, el nivel de exposición final del sistema se determina por el valor más desfavorable alcanzado en cualquiera de las siguientes dimensiones de análisis:

a. Proximidad mínima. Evalúa el riesgo microbiológico agudo. Si hay un foco a 50 metros, el riesgo de infección por bacterias o virus es inminente, aunque solo haya una fuente en toda la comuna. Por eso, una distancia corta dispara la alerta máxima por sí sola.

b. Densidad Total: Evalúa la Carga Química Acumulativa. Aunque todas las fuentes estén a 800 metros (distancia moderada), tener 30 focos contaminantes genera una "presión de cuenca". El suelo tiene un límite de capacidad para filtrar nitratos o metales; al haber tantas fuentes, esa capacidad se satura y el contaminante termina llegando al pozo.

c. Concentración: evalúa la Probabilidad Estadística de Falla[25]. Si el 60% de tus fuentes están a menos de 1 km, la probabilidad de que una de ellas produzca un derrame accidental que

[25] El análisis de **Probabilidad Estadística de Falla** se basa en el marco metodológico de los Planes de Seguridad del Agua (OMS, 2011) y los criterios de Vulnerabilidad de Acuíferos de Foster & Hirata (OPS/OMS). Este enfoque permite cuantificar el riesgo no como un evento estático, sino como la probabilidad incremental de afectación

alcance el pozo es muy alta, en comparación con un sistema en el que todas las fuentes están a 4 km.

El resultado de la suma entre estos tres parámetros es lo ingresado a la ecuación 5, para posteriormente ser categorizado de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 20. Nivel de exposición a distancia. Fuente: elaboración propia

Quintil	Rango de Valores (E1)	Valor Normalizado	Interpretación
Q1	1,50 - 2,00	0.2	Muy Baja
Q2	1,25 - 1,50	0.4	Baja
Q3	1,25	0.6	Media
Q4	0,75 - 1,00	0.8	Alta
Q5	0,50 - 0,75	1.0	Muy Alta

de la captación ante una alta densidad de amenazas en la zona de susceptibilidad alta, cumpliendo con las exigencias preventivas de la Ley N° 20.998



Figura 64. Mapa de sub-indicador de Exposición 1; Cercanía de captaciones a fuentes de contaminación (industrias, vertederos y caminos). Elaboración propia.

Subindicador E2. Exposición geográfica a intrusión salina y marejadas

La seguridad hídrica de los SSR en zonas costeras enfrenta amenazas crecientes derivadas del cambio climático, en particular la intrusión salina y el incremento de la frecuencia de marejadas extremas. A nivel nacional, la Ley Marco de Cambio Climático (Ley 21.455) y el Plan de Adaptación al Cambio Climático para el Sector de los Recursos Hídricos (MOP, 2015) identifican la vulnerabilidad de los acuíferos litorales ante el avance de la cuña salina, fenómeno que compromete la calidad química del agua dulce al elevar las concentraciones de cloruros y sodio por encima de los límites de la NCh 409. A nivel internacional, la OMS (2022) y la UNESCO (2017) establecen que la proximidad geográfica a la línea de costa es el factor determinante de la susceptibilidad de una fuente de agua, ya que las marejadas pueden provocar inundaciones superficiales y una rápida infiltración de agua de mar en los pozos de captación, invalidando su uso prolongado para consumo humano.

Este indicador mide la exposición geográfica a la intrusión salina y a las marejadas de cada Sistema Sanitario Rural (SSR) mediante la elevación del terreno respecto al nivel del mar, la distancia a la costa y la profundidad de inundación potencial en caso de eventos extremos.

Para el cálculo se utilizó la plataforma Google Earth Engine, empleando como base el Modelo Digital de Elevación (DEM) SRTM GL1 de la NASA/USGS con una resolución de 30 metros. El proceso metodológico se estructuró en las siguientes fases técnicas:

- Definición del Escenario Crítico: Se estableció un Nivel del Mar Extremo (ESL) de 6 metros sobre el nivel medio del mar para simular inundaciones por marejadas o alzas proyectadas. El análisis se restringió a un radio de influencia directa de 10 km desde la línea de costa, generada mediante un buffer negativo de 500 metros sobre el perímetro de la Isla Grande de Chiloé.
- Cálculo de Profundidad de Inundación: Se aplicó álgebra de mapas para determinar la susceptibilidad de cada píxel mediante la fórmula: Profundidad = ESL(6 m)−Elevación (DEM). Las áreas con elevación superior a 6 metros fueron descartadas como zonas fuera de riesgo.
- Análisis de Proximidad de los SSR: Se generó una máscara de las áreas bajo intrusión (exposición > 0) y se calculó la distancia euclidiana desde cada uno de los 15 sistemas SSR del estudio hasta dichas zonas. Para optimizar el cálculo en grandes áreas, se utilizó el algoritmo *fastDistanceTransform* con una resolución de 90 metros, permitiendo identificar:

- Distancia corta (menor a 1 km): SSR muy cercano a la zona de riesgo.
- Distancia media (1-5 km): SSR con riesgo indirecto.
- Distancia larga (mayor a 5 km): SSR alejado de las zonas de intrusión.

Es importante señalar que, a diferencia del subindicador anterior, la Exposición 2 se interpreta como: cuanto mayor sea la distancia a la intrusión salina y a las marejadas, menor será la exposición.

Tabla 21. Nivel de exposición en base a distancia. Fuente: elaboración propia

Quintil	Rango de Valores (E2)	Valor Normalizado	Interpretación
Q1	0,085 - 0,127	1.0	Muy Alta
Q2	0,175 - 0,270	0.8	Alta
Q3	0,350 - 0,547	0.6	Media
Q4	0,780 - 1,142	0.4	Baja
Q5	1,541 - 3,938	0.2	Muy Baja

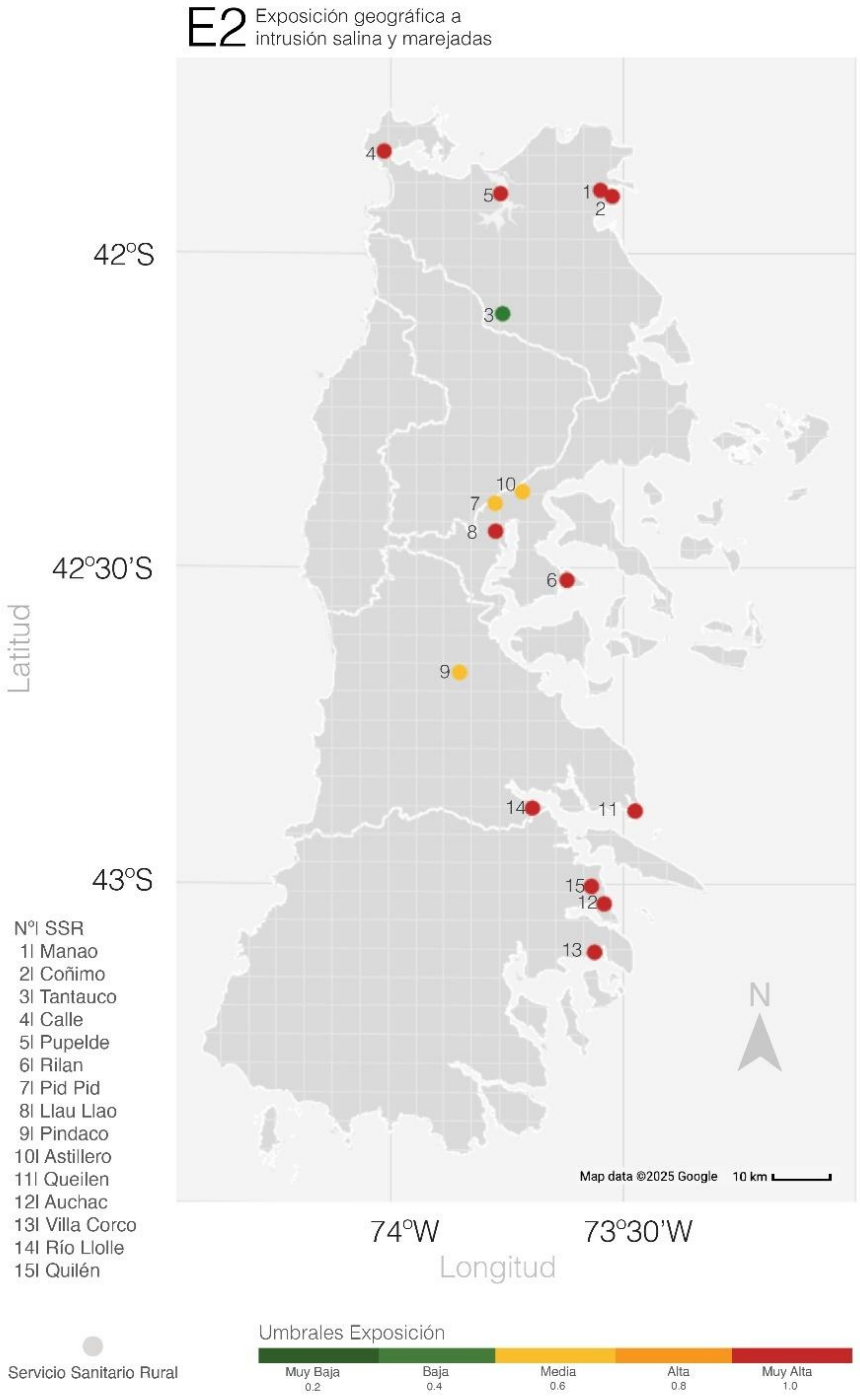


Figura 65. Mapa de sub-indicador de Exposición 2; Exposición geográfica a intrusión salina y marejadas. Elaboración propia.

Subindicador E3. Pérdida de cobertura vegetal protectora

El subindicador E3 cuantifica la pérdida de la cobertura vegetal protectora en un periodo de 14 años (2010-2024). El análisis se circunscribe a un área de influencia directa (buffer) de 1 km de radio alrededor de cada punto de captación de los Sistemas Sanitarios Rurales (SSR). Esta escala permite capturar con precisión la degradación de los ecosistemas que proveen servicios de regulación hídrica y de protección de la fuente.

Se utilizó la base de datos de MapBiomas Chile (Collection 2), que proporciona una clasificación del uso y la cobertura del suelo con una resolución espacial de 30 metros. Este insumo permite una comparación multitemporal estandarizada entre el año base (2010) y el año final (2024).

Para la clasificación de Vegetación Protectora se consideró un total de 10 clases de cobertura natural, agrupadas por su valor ecológico en la protección de acuíferos y escorrentía:

- Formaciones Boscosas: Bosque nativo (clase 3, 59), bosque secundario (clase 60) y bosque achaparrado (clase 67).
- Formaciones Naturales No Boscosas: Incluye humedales (clase 11), pastizales naturales (clase 12), matorrales (clase 66), estepas (clase 63), afloramientos rocosos (clase 29) y otras formaciones naturales (clase 10).

El procesamiento de datos para cada SSR siguió cinco pasos algorítmicos:

- Geoprocesamiento: Generación de un buffer circular de 1 km en torno a la captación
- Línea Base (2010): Cuantificación del área total (m^2) cubierta por las 10 clases protectoras al inicio del periodo.
- Estado Actual (2024): Cuantificación del área vegetal remanente (m^2) al cierre del periodo analizado.
- Determinación de Cambio: Cálculo de la superficie deforestada o degradada y su expresión porcentual respecto a la superficie original:

Ec.6

$$\%Pérdida = \left(\frac{Área\ 2010 - Área\ 2024}{Área\ 2010}\right) * 100$$

- Categorización: Asignación del nivel de exposición según el porcentaje de pérdida detectado.

Luego, los resultados se normalizaron en una escala adimensional para su integración en el índice de exposición global, bajo los siguientes umbrales críticos:

Tabla 22. Pérdida de cobertura vegetal protectora. Fuente: elaboración propia

Quintil	Rango de Valores (%)	Valor Normalizado	Interpretación
Q1	2,9% - 6,5%	0.2	Muy Baja
Q2	6,5% - 9,3%	0.4	Baja
Q3	12,2% - 16,3%	0.6	Media
Q4	17,8% - 26,4%	0.8	Alta
Q5	26,6% - 60,1%	1.0	Muy Alta

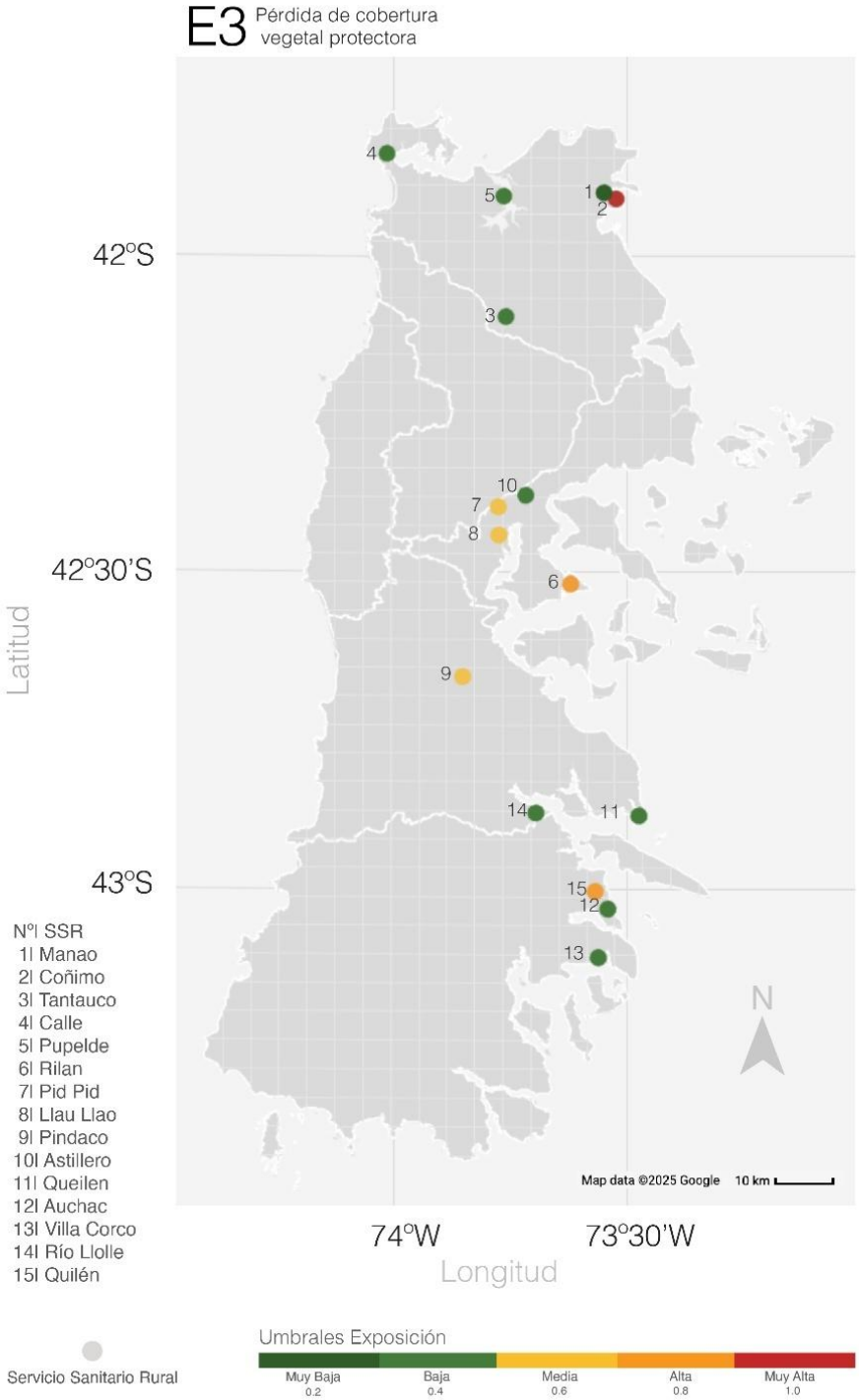


Figura 66. Mapa de sub-indicador de Exposición 3; Pérdida de cobertura vegetal. Elaboración propia.

Subindicador E4. Presión antrópica en el área de recarga (actividades productivas)

Este subindicador cuantifica el porcentaje de superficie intervenida por actividades productivas humanas dentro de un radio de 1 km alrededor de cada punto de captación de agua. El objetivo es medir la intensidad de los usos del suelo potencialmente degradantes (agricultura, ganadería, urbanización, silvicultura) que podrían comprometer la calidad o la cantidad del recurso hídrico. Se utilizó la plataforma MapBiomas Chile (Collection 2) con una resolución espacial de 30 m. Para capturar la evolución y el estado actual de la presión en el territorio, se analizaron datos correspondientes a los años 2000, 2005, 2010, 2015, 2020 y 2024.Se identificaron y agruparon las clases de cobertura que representan intervención humana directa:

- Sector Forestal y Agropecuario: Plantaciones forestales (clase 9), pasturas manejadas (clase 15), agricultura (clase 18) y cultivos mixtos (clase 14).
- Asentamientos e Infraestructura: Áreas urbanas e infraestructura (clase 24).
- Otras Actividades: minería, acuicultura y usos diversos (clases 25, 30 y 31).

El procesamiento de datos para cada SSR se realizó mediante el siguiente flujo de trabajo:

- Delimitación Geográfica: Generación de un área de influencia (buffer) circular de 1 km de radio centrada en el punto de captación.
- Muestreo Espacial: Conteo total de píxeles dentro del buffer y filtrado selectivo de aquellos clasificados como de uso antrópico.
- Cuantificación Porcentual: Cálculo de la proporción de superficie intervenida respecto al área total del buffer:

Ec.7

$$\%Antrópico = \left(\frac{Píxeles\ Antrópicos}{Píxeles\ Totales}\right) * 100$$

- Categorización: Clasificación del SSR según el grado de intervención detectado.

Tabla 23. Exposición a la presión antrópica en el área de recarga. Fuente: elaboración propia

Quintil	Rango de Valores (%)	Valor Normalizado	Interpretación
Q1	11,50% - 32,20%	0.2	Muy Baja
Q2	34,00% - 38,60%	0.4	Baja
Q3	48,60% - 50,70%	0.6	Media
Q4	54,20% - 58,20%	0.8	Alta
Q5	68,80% - 74,20%	1.0	Muy Alta

Una vez integrados los subindicadores en la ecuación 3, se obtiene el nivel de exposición de cada SSR a partir de la tabla de umbralización del indicador de exposición (E).

Tabla 24. Interpretación del nivel de exposición de cada SSR. Fuente: elaboración propia

Rango de Valores	Valor Normalizado	Interpretación
1.20 - 1.60	0.20	Muy Bajo
1.61 - 2.00	0.40	Bajo
2.01 - 2.80	0.60	Medio
2.81 - 3.00	0.80	Alto
3.01 - 3.20	1.00	Muy Alto

Los resultados parciales y finales del cálculo de la Exposición para los SSR del área de estudio se presentan en el Anexo 3. Los principales hallazgos muestran que, el indicador de exposición evidencia una diferenciación clara entre los SSR evaluados, identificando al comité Calle como el caso más crítico del estudio, con una Exposición Total clasificada como “Muy Alta”, producto de la concurrencia de valores elevados en cercanía a fuentes de contaminación, de exposición a intrusión salina y a marejadas, y de pérdida de cobertura vegetal. En términos agregados, predomina el nivel de exposición “Medio”, presente en la mayoría de los sistemas, en particular en las comunas de Ancud y Castro, lo que revela un escenario de riesgo latente y extendido que requiere seguimiento sistemático. En las comunas de Queilen y Quellón, si bien varios SSR se clasifican globalmente en niveles “Bajo” o “Medio”, destaca la alta incidencia de la exposición a la intrusión salina, lo que confirma que la localización costera constituye el principal factor de exposición en estos sistemas. En contraste, el comité Manao presenta la condición más favorable del conjunto, con la menor sumatoria total y una Exposición Total “Muy Baja”, asociada a una menor presión antrópica y a una mejor conservación de las barreras naturales de protección.

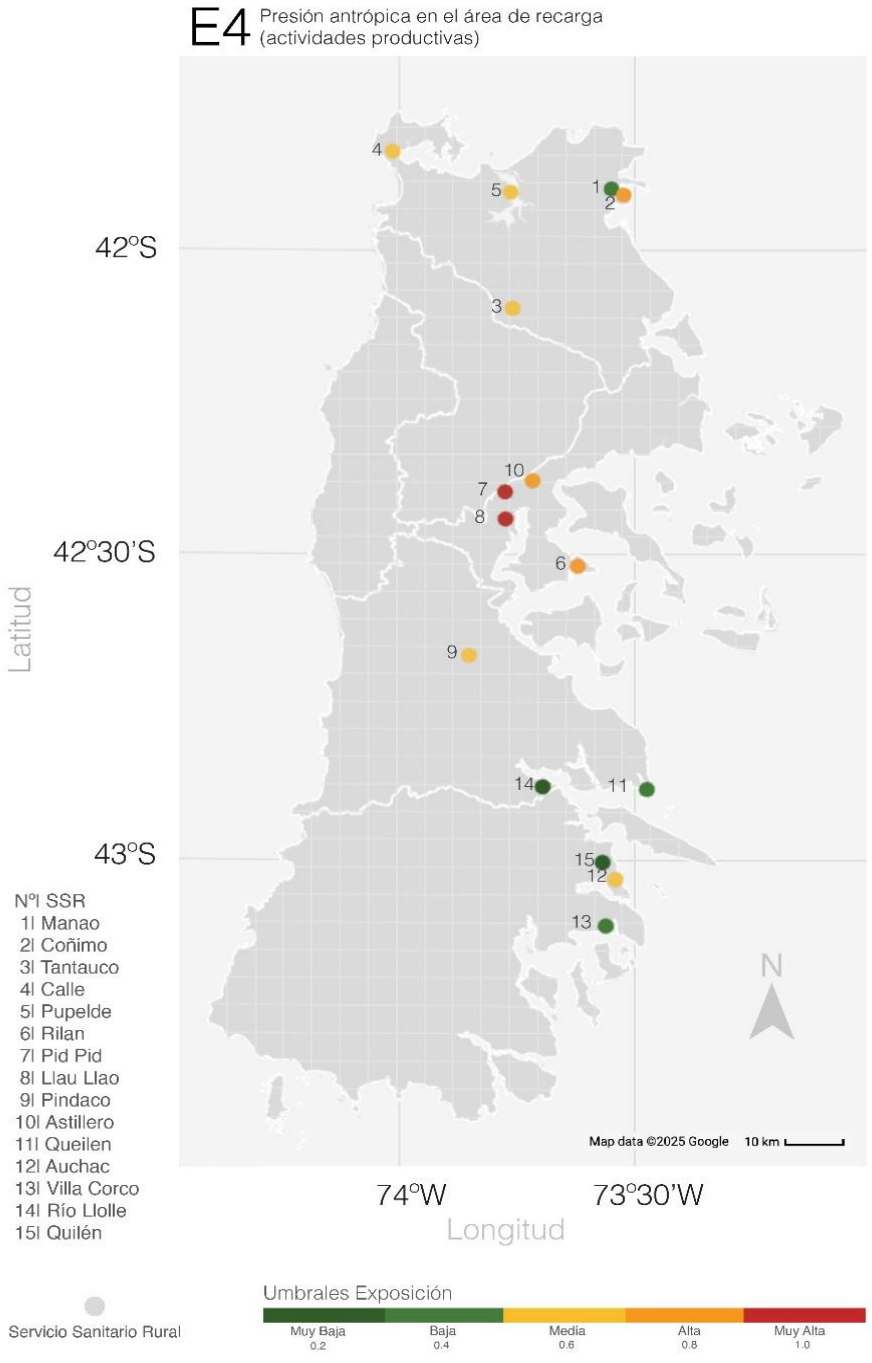


Figura 67. Mapa de sub-indicador de Exposición 4; Presión antrópica en áreas de recarga. Elaboración propia.

5.3.2.3 ÍNDICE DE SENSIBILIDAD

Para la Sensibilidad (S), se evalúan subindicadores que consideran dimensiones claves como: escala del sistema y población atendida. Esta aproximación permite identificar sistemas más susceptibles, priorizar intervenciones y orientar medidas de adaptación y fortalecimiento operacional. A continuación, se presenta cada subindicador, el desarrollo de resultados parciales se presenta en el Anexo 3.

Subindicador S1. Número de arranques

Este parámetro refleja la escala de cobertura y la carga operativa del SSR, constituyendo un componente relevante de la sensibilidad estructural e institucional frente al riesgo climático. Este indicador permite caracterizar la magnitud del sistema y estimar la población potencialmente dependiente del servicio, aspectos críticos para evaluar su capacidad de respuesta ante eventos extremos o condiciones de déficit hídrico.

A nivel nacional, el tamaño promedio del hogar es de 3,1 personas por vivienda, según los resultados del Censo 2017 (INE, 2018). Por su parte, el Manual de Proyectos de Agua Potable Rural (MOP, 2023) establece que la densidad real de una localidad debe estimarse a partir de la cantidad de viviendas encuestadas; sin embargo, recomienda contrastar esta información con antecedentes censales o registros municipales para asegurar una mayor representatividad.

En el presente estudio no se aplicó una encuesta a nivel de vivienda, dado que no corresponde al foco analítico del proyecto. Por ello, y con el propósito de fundamentar el factor de estimación utilizado, se calculó el promedio de personas por hogar comunal a partir de los datos del Censo 2017, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 25. Estimación del factor - promedio de personas por hogar - por comuna. Fuente Datos Censo 2017 (INE 2018)

Nº	Comuna	Nº habitantes	Nº viviendas	factor[26]
1	Ancud	38.991	16.959	3
2	Castro	43.807	18.021	3
3	Chonchi	14.858	6.706	3
4	Dalcahue	13.762	5.659	3
5	Queilen	5.385	2.450	3
6	Quellón	27.192	11.003	3

[26] El factor resultante es a partir de: Nºhabitantes/Nºviviendas, redondeando el resultado al límite superior, de manera de no subestimar.

Para todas las comunas del estudio, el factor de tres personas por vivienda se considera prudente y representativo, ya que evita subestimar la cantidad de beneficiarios y refleja adecuadamente las condiciones de gestión y operación de los SSR en las seis comunas del estudio.

A partir de la siguiente ecuación se estima el número de habitantes abastecidos.

Ec.8

$$Nºhabitantes\ abastecidos = Nºarranques * 3$$

Tabla 26. Estimación de habitantes abastecidos, de acuerdo al factor 3 y al número de arranques por SSR. Fuente: elaboración propia

Nº	Comuna	SHAC	Nombre comité	Nº arranques[27]	Nº habitantes abastecidos
1	Ancud	Ancud	Manao	210	630
2	Ancud	Ancud	Coñimo	106	318
3	Ancud	Ancud	Tantauco	138	414
4	Ancud	Ancud	Calle	97	291
5	Ancud	Ancud	Pupelde	68	204
6	Castro	Castro	Rilan	133	399
7	Castro	Castro	Pid Pid	800	2.400
8	Castro	Castro	Llau Llao	1.246	3.738
9	Chonchi	Huillinco	Pindaco-quitripulli	155	465
10	Dalcahue	Castro	Astillero-Punahuel	401	1.203
11	Queilen	Quellon	Queilen	1.383	4.149
12	Quellón	Quellon	Auchac	160	480
13	Quellón	Quellon	Villa Corcovado San Antonio y Oqueldán	800	2.400
14	Quellón	Huillinco	Río Llolle	88	264
15	Quellón	Huillinco	Quilén	75	225

Fuente: Información levantada en terreno a través de la entrevista semiestructurada estructurada que se hizo a los directivos de los SSR

Como muestra la tabla anterior, las SSR Queilen y Llau Llao presentan la mayor cantidad de arranques en sus redes, con 4.149 y 3.738 arranques, respectivamente, y, por lo tanto, la mayor cantidad de usuarios abastecidos con agua potable (AP). En contraste, las SSR Pupelde y Quilén registran las menores cifras, con 204 y 225 arranques, respectivamente.

[27] Información entregada por cada comité SSR entrevistado

Cabe señalar que el subindicador de sensibilidad S1 está directamente asociado al número de arranques de cada SSR; por ende, dicho subindicador se utiliza para determinar su nivel de sensibilidad estructural e institucional. No obstante, resulta igualmente relevante considerar la cantidad de usuarios asociados a este nivel de sensibilidad, con el fin de profundizar el análisis en términos de la afectación potencial.

Es importante reiterar que el análisis de los factores de riesgo climático se realiza a nivel de los SSR, y no desde la perspectiva de la seguridad hídrica doméstica individual.

En concordancia con lo anterior, la siguiente tabla presenta el nivel de sensibilidad y su respectiva normalización, utilizados para la estimación final del subindicador V1.

Tabla 27. Nivel de sensibilidad según el número de arranques de SSR. Fuente: elaboración propia

Quintil	Rango de Valores (S1)	Valor Normalizado	Interpretación sensibilidad frente a la presión por número de arranques
Q1	68 - 91	0,2	Muy Bajo
Q2	92 - 134	0,4	Bajo
Q3	135 - 170	0,6	Medio
Q4	171 - 800	0,8	Alto
Q5	801 - 1.383	1	Muy Alto

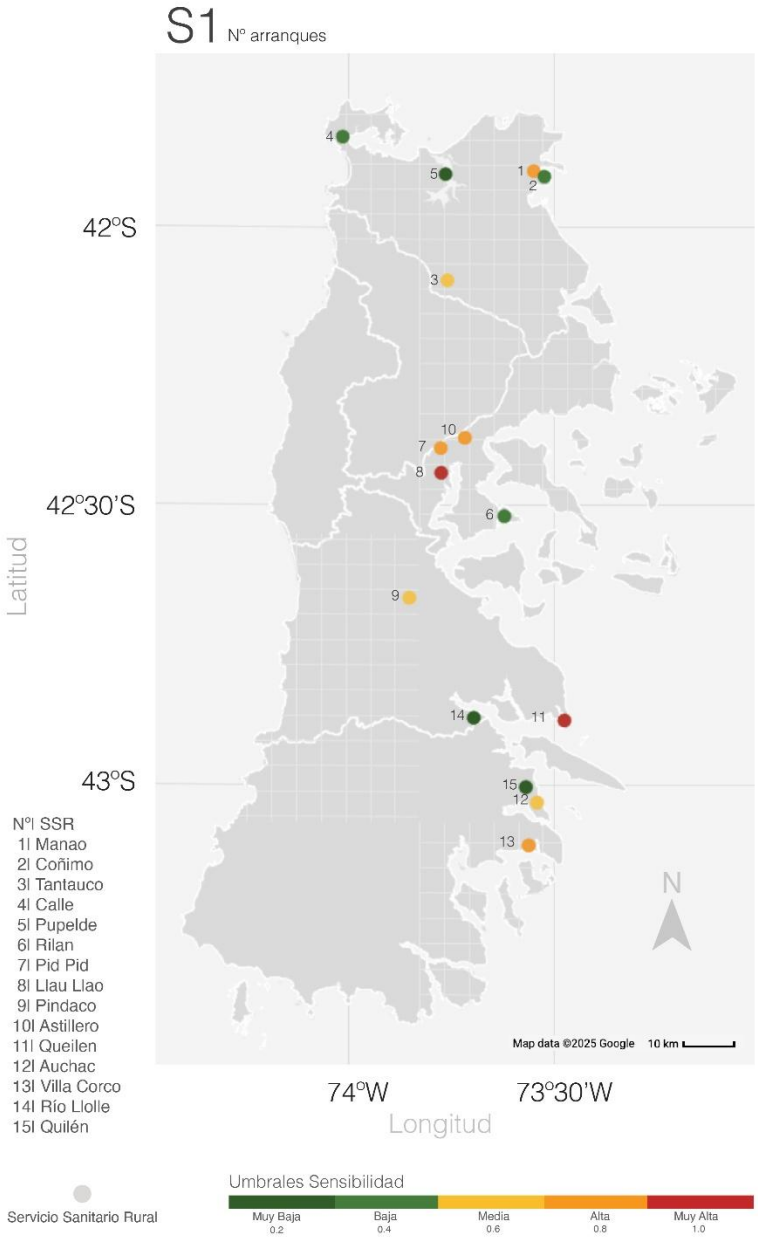


Figura 68. Mapa de sub-indicador de Sensibilidad 1; Número de Arranques. Elaboración propia.

Subindicador S2. Razón demanda segura estival

Se considera un subindicador de sensibilidad operativa de los Sistemas Sanitarios Rurales (SSR), pues permite evaluar la relación entre la disponibilidad efectiva de agua y la demanda máxima esperada durante la estación seca o de mayor consumo. Este indicador refleja la capacidad del sistema para mantener la continuidad y la suficiencia del servicio bajo condiciones climáticas adversas, particularmente en escenarios de déficit hídrico y de aumento estacional de la demanda.

La demanda estival constituye uno de los principales factores de presión sobre los SSR, especialmente en territorios insulares como Chiloé, donde la recarga natural de las fuentes es limitada y la mayor concentración de turistas y agricultores incrementa significativamente el consumo. En este contexto, la razón entre el volumen seguro disponible y la demanda estimada de verano permite identificar niveles de sensibilidad asociados a la gestión del recurso y la resiliencia del sistema ante escenarios de escasez.

Tabla 28. Nivel de sensibilidad en base a la razón de demanda segura en periodo estival. Fuente: elaboración propia

Quintil	Rango de Valores (S2)	Valor Normalizado	Interpretación capacidad de contar con un caudal seguro para el período estival[28]
Q1	0,50 - 0,82	0,2	Muy Bajo
Q2	0,83 - 1,00	0,4	Bajo
Q3	1,01 - 1,22	0,6	Medio
Q4	1,23 - 1,50	0,8	Alto
Q5	1,51 - 3,20	1	Muy Alto

[28] La clasificación del nivel de sensibilidad se sustenta en la razón Qseguro/Qdemanda, por lo tanto, su interpretación es: mientras menor sea el factor resultante, menor será el caudal seguro - la demanda es superior en relación a la disponibilidad - en el período estival.

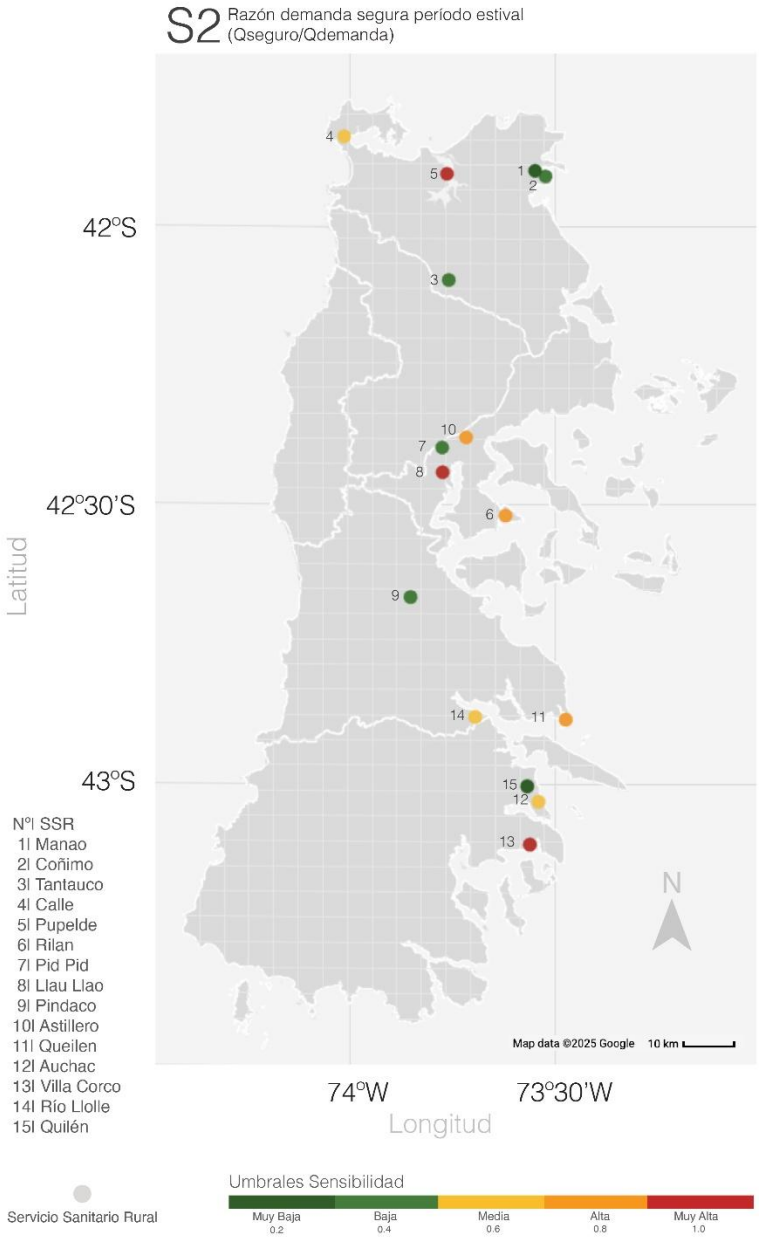


Figura 69. Mapa de sub-indicador de Sensibilidad 2; Razón demanda segura periodo estival. Elaboración propia.

Subindicador S3. Crecimiento de la población

El crecimiento de la población abastecida se considera un subindicador de sensibilidad estructural e institucional de los SSR, en tanto refleja el ritmo de expansión de la demanda hídrica respecto de la capacidad instalada del sistema. Un aumento sostenido en el número de habitantes conectados o en proceso de incorporación genera una mayor presión sobre la infraestructura existente, la disponibilidad de las fuentes de abastecimiento y la gestión operativa de los comités o cooperativas administradoras.

Desde la perspectiva del riesgo climático, un crecimiento poblacional acelerado sin una ampliación proporcional de la oferta hídrica incrementa la sensibilidad del sistema, ya que reduce sus márgenes de seguridad frente a eventos de sequía o variabilidad estacional. Este indicador permite, por tanto, identificar SSR que enfrentan mayores desafíos de sostenibilidad operativa y resiliencia frente a escenarios de aumento de la demanda y menor disponibilidad de recursos.

Tabla 29. Indicador de crecimiento de población

Quintil	Rango de Valores (S3)	Valor Normalizado	Interpretación del impacto por crecimiento de la infraestructura
Q1	0,00%	0,2	Muy Bajo
Q2	0,1% - 10,3%	0,4	Bajo
Q3	10,4% - 27,5%	0,6	Medio
Q4	27,6% - 34,7%	0,8	Alto
Q5	34,8% - 138,2%	1	Muy Alto

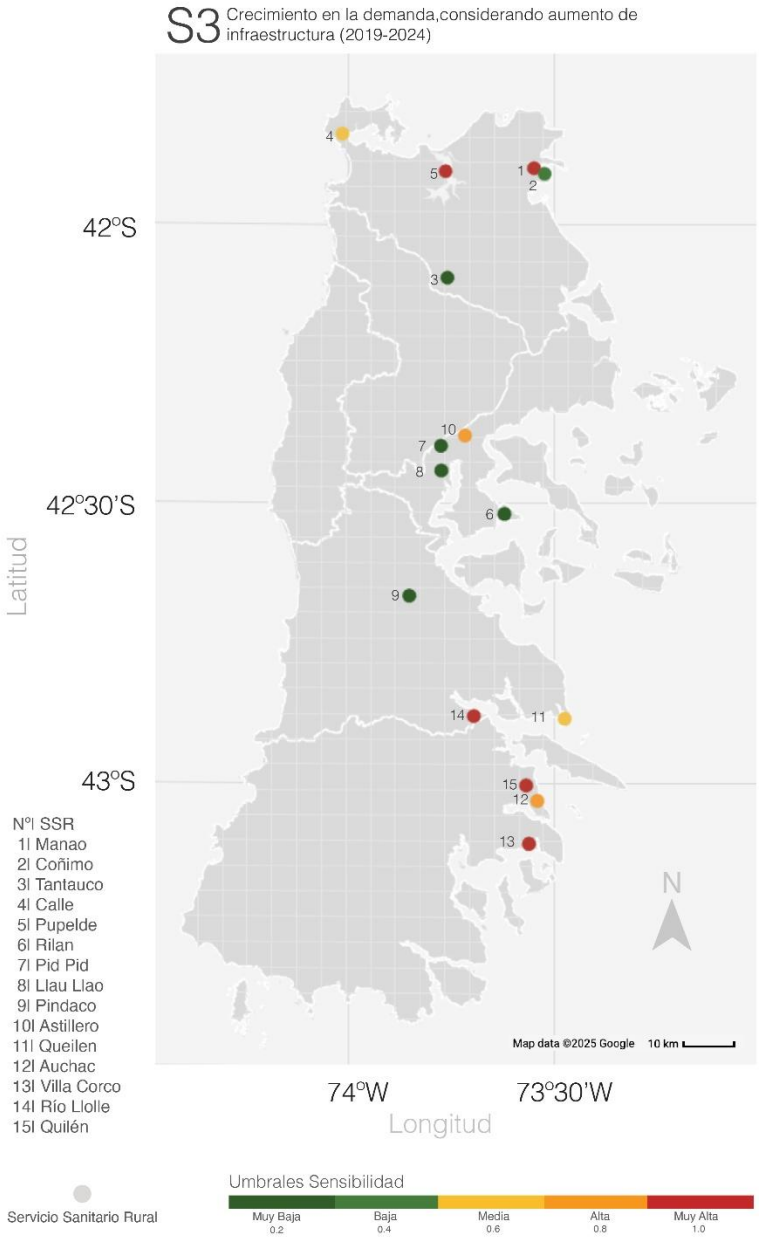


Figura 70. Mapa de sub-indicador de Sensibilidad 3; Crecimiento de la demanda. Elaboración propia.

Subindicador S4. Capacidad de almacenamiento

Corresponde a la relación entre el volumen de agua acumulado en los estanques de un SSR y la población abastecida por el sistema. Este subindicador permite estimar la autonomía del servicio en términos de litros disponibles por habitante y por día, lo que constituye un elemento central frente a interrupciones del suministro. Si bien la literatura nacional establece cortes generales entre 80 y 140 l/hab como referencia (HOMSI y Asociados, 2007; SISS, 2022), en la Isla Grande de Chiloé estos umbrales requieren ser ajustados debido a dos particularidades: (i) la mayoría de los SSR no cuentan con sistemas de alcantarillado, por lo que el consumo efectivo suele oscilar entre 80 y 100 l/hab/día, y (ii) de acuerdo con lo manifestado por distintos comités de los SSR, en general cuentan con disponibilidad de agua para abastecer a sus usuarios, a excepción de los veranos donde algunos SSR se ven afectados por la demanda de población flotante, lo que disminuye la necesidad de mantener volúmenes de almacenamiento muy elevados. En consecuencia, los rangos aquí propuestos se definen considerando la capacidad de los SSR para asegurar entre uno y dos días de autonomía ante fluctuaciones en la disponibilidad de agua o incrementos temporales de la demanda.

Tabla 30. Capacidad de almacenamiento. Fuente: elaboración propia

Quintil	Rango de Valores (S4)	Valor Normalizado	Interpretación de la capacidad de almacenamiento del SSR, entregando una mayor autonomía frente a cortes del servicio
Q1	8,3 - 51,7	0,2	Muy Bajo
Q2	51,8 - 68,0	0,4	Bajo
Q3	68,1 - 92,9	0,6	Medio
Q4	93,0 - 99,6	0,8	Alto
Q5	99,7 - 222,2	1	Muy Alto

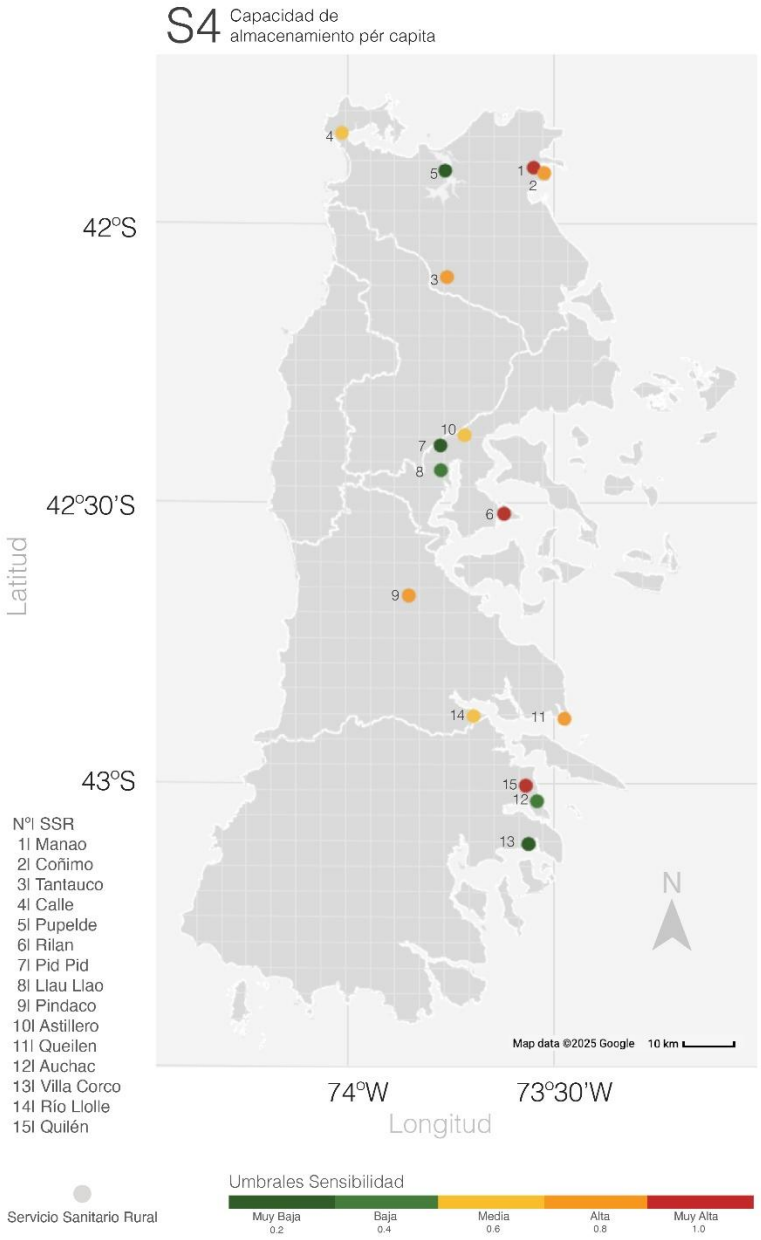


Figura 71. Mapa de sub-indicador de Sensibilidad 4; Capacidad de almacenamiento per cápita. Elaboración propia.

Subindicador S5. Disponibilidad/condición de componentes básicos para el funcionamiento de una SSR

Se evalúa la existencia y el estado de los componentes básicos establecidos en la normativa para los sistemas de agua potable rural: captación/succión, tratamiento (físico y químico), impulsión y almacenamiento. La relevancia de este subindicador radica en que la sensibilidad del sistema aumenta cuando alguno de estos elementos presenta deficiencias, lo que compromete directamente la continuidad, calidad y seguridad del servicio. La metodología consiste en verificar la presencia y el estado de funcionamiento de cada uno de estos componentes y clasificar el sistema según el nivel de cumplimiento de los requisitos normativos. De este modo, los SSR con infraestructura completa y en buen estado presentan menor sensibilidad, mientras que aquellos con componentes ausentes o en estado deficiente se consideran más sensibles. La tabla 34 describe los criterios de análisis de cada componente y cómo se integran en el cálculo del indicador.

Tabla 31. Evaluación de la infraestructura para los SSR. Fuente: elaboración propia

Componente	Objeto de evaluación	Adecuado (0)	Deficiente (0,5)	Ausente (1)
Captación	Tipo de fuente y estado de protección de la captación	Fuente protegida y operativa	Fuente con deficiencias de protección o deterioro	No existe captación formal o infraestructura mínima
Tratamiento	Existencia y estado de desinfección/filtrado	Sistema instalado y operativo conforme a norma	Sistema con fallas, sin mantenimiento o sin cumplir norma	No existe sistema de tratamiento
Impulsión	Equipos de bombeo o sistemas de impulsión	Equipos presentes, operativos	Equipos con fallas frecuentes	No existen equipos de impulsión donde son necesarios
Almacenamiento	Existencia y estado de estanques de reserva	Estanques en buen estado, capacidad suficiente y con mantención	Estanques con deficiencias: deteriorado o capacidad insuficiente	No existe estanque o almacenamiento formal
Sistema de respaldo operativo	Sistema de respaldo de energía, para cubrir el servicio de abastecimiento frente a cortes eléctricos de índole climática	Existente y operativo	Existente no operativo	No existe

Para dar continuidad metodológica entre ambas tablas, la Tabla 38 establece el marco de evaluación cualitativa de la infraestructura básica de los SSR, mediante una clasificación categórica del estado y disponibilidad de los principales componentes del sistema (captación, tratamiento, impulsión, almacenamiento y respaldo energético), a los cuales se asignan valores discretos según su condición operativa. A partir de esta valoración inicial, los puntajes obtenidos por cada sistema son agregados y posteriormente procesados mediante un esquema de quintiles, permitiendo su normalización y traducción a una escala comparativa de sensibilidad, cuyos umbrales e interpretaciones se presentan en la Tabla 39, facilitando así el análisis integrado y la comparación relativa entre sistemas.:

Tabla 32. Umbrales y normalización de valores para la disponibilidad de componentes básicos de una SSR. Fuente: elaboración propia

Quintil	Rango de Valores (S5)	Valor Normalizado	Interpretación sensibilidad debido a disponibilidad de componentes
Q1	0,00 - 0,99	0,2	Muy Bajo
Q2	1,00 - 1,00	0,4	Bajo
Q3	1,01 - 1,50	0,6	Medio
Q4	1,51 - 2,00	0,8	Alto
Q5	2,01 - 3,50	1	Muy Alto

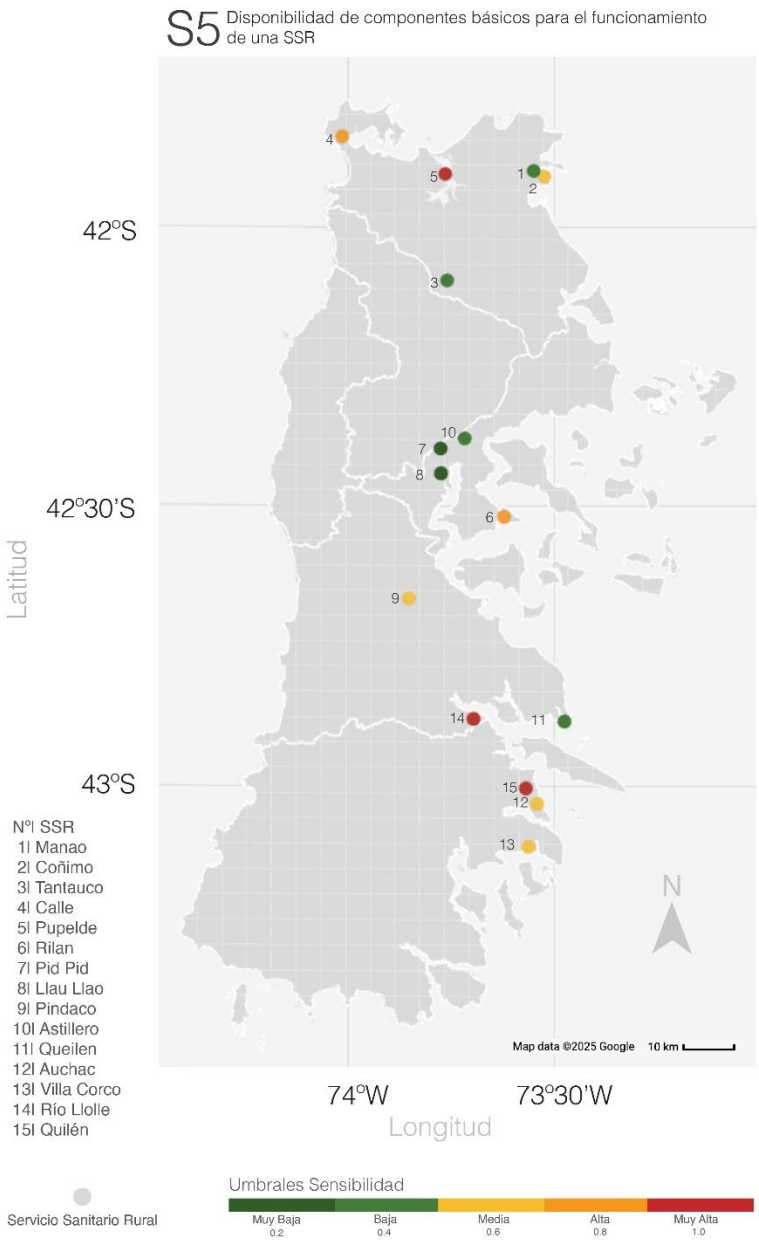


Figura 72. Mapa de sub-indicador de Sensibilidad 5; Disponibilidad de componentes básicos para el funcionamiento del SSR. Elaboración propia.

Subindicador S6. Disponibilidad y completitud de registros de calidad del agua entregada por la SSR

Este subindicador mide la existencia, periodicidad y trazabilidad mínima de los controles de calidad (muestreos, parámetros críticos y archivo de resultados) del SSR, utilizando información proporcionada por el operador. De esta manera, permite conocer la capacidad del sistema para detectar y corregir problemas de calidad y se expresa mediante una puntuación normalizada (0, 0,5 y 1) que refleja una mayor sensibilidad cuando los registros son inexistentes, esporádicos o incompletos.

Tabla 33. Metodología de evaluación de registros para monitorear la calidad del agua potable de la SSR. Fuente: elaboración propia

Componente	Objeto de evaluación	Adecuado (0)	Deficiente (0,5)	Ausente (1)
Existencia de registros	Presencia de registros formales de controles de calidad (digital o papel organizado)	Registros sistemáticos y actualizados	Registros irregulares o parciales	No hay registros documentados
Frecuencia de muestreos	Periodicidad de los controles	mensual	Estacional o anual	Nunca
Parámetros críticos monitoreados	Inclusión de microbiología (coliformes/ E. coli) y cloro residual	Microbiología + cloro (± turbidez/pH)	Sólo cloro/turbidez (sin microbiología regular)	No se analizan parámetros relevantes

En este caso, la Tabla 33 define el esquema de evaluación cualitativa de los registros asociados al monitoreo de la calidad del agua potable en los SSR, considerando la existencia y la sistematicidad de los registros, la frecuencia de los muestreos y la cobertura de parámetros críticos de control sanitario. Cada componente se clasifica de manera categórica y se asocia a un valor discreto según su nivel de adecuación. A partir de la agregación de estos puntajes, los resultados son posteriormente ordenados y normalizados mediante un sistema de quintiles, lo que permite su traducción a una escala homogénea de sensibilidad en el proceso de registros de calidad del agua, cuyos rangos, valores normalizados e interpretaciones se presentan en Tabla 34, facilitando la comparación relativa entre sistemas y la identificación de brechas de monitoreo.

Tabla 34. Umbrales y normalización de valores con respecto a registros de los procesos de tratamiento de agua de una SSR. Fuente: elaboración propia

Quintil	Rango de Valores (S6)	Valor Normalizado	Interpretación sensibilidad en el proceso de registros de calidad de agua
Q1	0,00 - 0,49	0,2	Muy Bajo
Q2	0,50 - 0,50	0,4	Bajo
Q3	0,51 - 1,50	0,6	Medio
Q4	1,51 - 1,99	0,8	Alto
Q5	2,00 - 3,00	1	Muy Alto

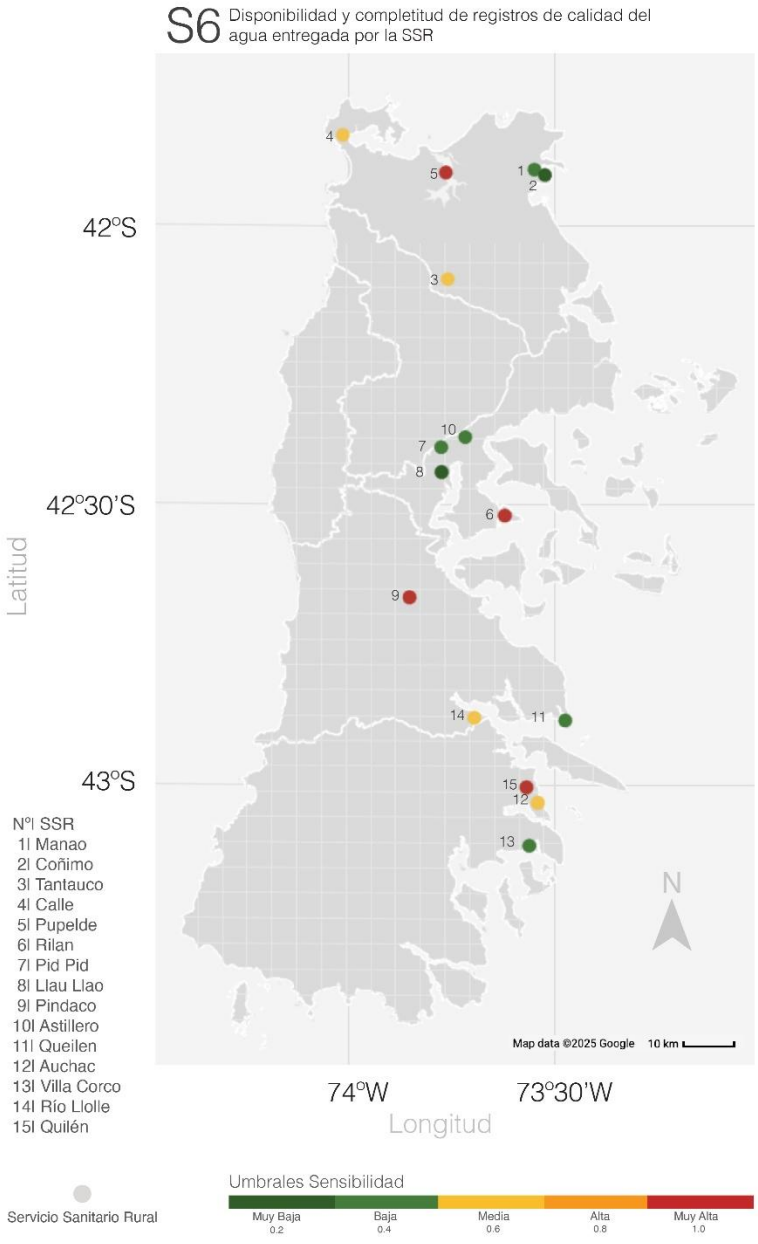


Figura 73. Mapa de sub-indicador de Sensibilidad 6; Disponibilidad y completitud de registros de calidad del agua entregados por el SSR. Elaboración propia.

Subindicador S7. Diversificación de fuentes de agua

Corresponde a la capacidad de un SSR para acceder a distintas alternativas de abastecimiento ante variaciones en la disponibilidad hídrica. La sensibilidad aumenta cuando el sistema depende de una sola fuente —ya sea superficial o subterránea—, dado que cualquier perturbación en su disponibilidad o calidad puede provocar interrupciones en el servicio (IPCC, 2022). Por el contrario, la existencia de fuentes complementarias, como la combinación de aguas superficiales y subterráneas, la interconexión con otros SSR, otorga mayor flexibilidad y reduce el nivel de riesgo, en línea con los enfoques de resiliencia y gestión adaptativa en sistemas rurales reportados en Chile y América Latina (Bustos et al., 2018; Ortega et al., 2021). Este subindicador se construye evaluando la cantidad de fuentes disponibles en cada SSR, clasificando los sistemas según su grado de diversificación. Así, los sistemas con una única fuente se consideran altamente sensibles, mientras que aquellos con múltiples alternativas de respaldo presentan una menor sensibilidad, lo cual es coherente con las recomendaciones de seguridad hídrica planteadas por organismos internacionales (FAO, 2016; SISS, 2022).

Tabla 35. Diversificación de fuentes. Fuente: elaboración propia

Cantidad de fuentes	Valorización
Fuente superficial, subterránea, y otro tipo de respaldo frente a emergencias (by pass, camiones aljibe)	0
Fuente superficial y subterránea	0,5
Sólo una fuente (superficial o subterránea)	1

En este ámbito, la Tabla 35 presenta la metodología de valoración de la diversificación de las fuentes de abastecimiento de los SSR, considerando tanto la cantidad como el tipo de fuentes disponibles y la existencia de alternativas de respaldo ante situaciones de emergencia. Esta evaluación asigna valores discretos en función del grado de redundancia y de flexibilidad del sistema de abastecimiento. A partir de dicha valoración, los puntajes obtenidos son posteriormente clasificados y normalizados mediante un esquema de quintiles, lo que permite traducir la diversidad de fuentes en una escala estandarizada de sensibilidad frente al abastecimiento, cuyos rangos, valores normalizados e interpretaciones se detallan en la

Tabla 36, lo que facilita la comparación entre sistemas y la identificación de condiciones de mayor fragilidad.

Tabla 36. Umbrales y normalización de número de fuentes de abastecimiento de una SSR. Fuente: elaboración propia

Quintil	Rango de Valores (S7)	Valor Normalizado	Interpretación sensibilidad frente a la diversidad de fuentes de abastecimiento
Q1	0.00	0.20	Muy Bajo
Q2	0.01 - 0.49	0.40	Bajo
Q3	0.50	0.60	Medio
Q4	0.51 - 0.99	0.80	Alto
Q5	1.00	1.00	Muy Alto

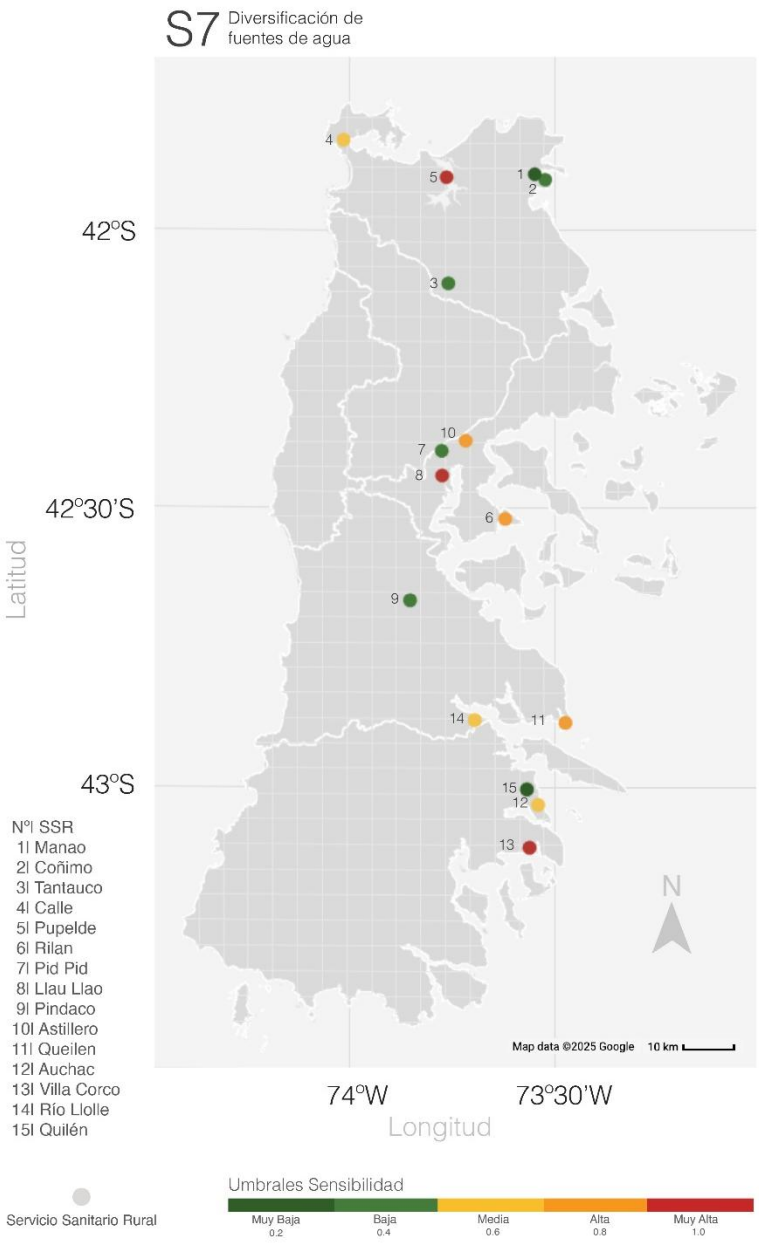


Figura 74. Mapa de sub-indicador de Sensibilidad 7; Diversificación de las fuentes de agua. Elaboración propia.

Subindicador S8. Infraestructura, salud ecosistémica del entorno y capacidad de respuesta ante FEM, que causan cortes de suministro

Este subindicador evalúa la sensibilidad operativa del SSR ante pérdidas de continuidad del suministro atribuibles a fallas de infraestructura o a déficit de captaciones, considerando la frecuencia, la duración, el alcance y la causa predominante de las interrupciones. Cabe señalar que esta metodología considera la información recopilada a partir de la entrevista al operador y la codifica en una escala normalizada de 0–1 (mayor valor = mayor sensibilidad). Esta valorización permite priorizar sistemas con mayor riesgo de corte prolongado o masivo y orientar acciones de contingencia y de reforzamiento infraestructural.

Tabla 37. Interrupciones en el servicio de las SSR. Fuente: elaboración propia

Subindicador	Objeto de evaluación	Sí (0)	No (1)
Interrupción por fallas en la infraestructura	Capacidad del sistema para prevenir y gestionar fallas en redes, bombas, válvulas y otros componentes críticos	No hay mantenimiento preventivo, las fallas son frecuentes o el comité no cuenta con capacidad de reparación	Existe mantenimiento preventivo, registros de fallas y capacidad de reparación oportuna
Interrupción por baja disponibilidad de agua en la fuente	Gestión de la disponibilidad hídrica en la captación (caudales, estiajes, monitoreo)	No existe monitoreo ni estrategias ante disminución del caudal; el suministro depende exclusivamente de una fuente vulnerable	Comité cuenta con monitoreo básico de la fuente, planes de gestión en estiaje o fuentes alternativas
Interrupción por eventos extremos climáticos	Preparación del SSR para enfrentar lluvias intensas, inundaciones, sequías extremas, incendios u otros eventos	SSR no posee medidas de preparación ni protocolos ante eventos extremos, aumentando el riesgo de cortes prolongados	Comité cuenta con procedimientos de emergencia, protección de infraestructura y coordinación externa

En este caso, la Tabla 37 define la evaluación cualitativa de las interrupciones del servicio en los SSR, considerando tres dimensiones críticas: fallas en la infraestructura, escasez de agua en la fuente y afectación por eventos climáticos extremos. Cada subindicador se evalúa de forma binaria en función de la capacidad del sistema para prevenir, gestionar y responder a estas contingencias. A partir de la suma de los puntajes obtenidos, los resultados se ordenan y normalizan mediante un esquema de quintiles, lo que permite traducir la propensión a interrupciones del servicio en una escala estandarizada de sensibilidad, cuyos rangos, valores normalizados e interpretaciones se presentan en la Tabla 38, lo que facilita la comparación

entre sistemas y la identificación de aquellos con mayor riesgo de discontinuidad del suministro.

Tabla 38. Umbrales y normalización en relación a interrupciones del servicio prestado por la SSR. Fuente: elaboración propia

Quintil	Rango de Valores (S8)	Valor Normalizado	Interpretación sensibilidad frente a interrupciones
Q1	0.00	0,2	Muy Bajo
Q2	0.01 - 0.49	0,4	Bajo
Q3	0.50-0.99	0,6	Medio
Q4	1- 1.99	0,8	Alto
Q5	2.00	1	Muy Alto

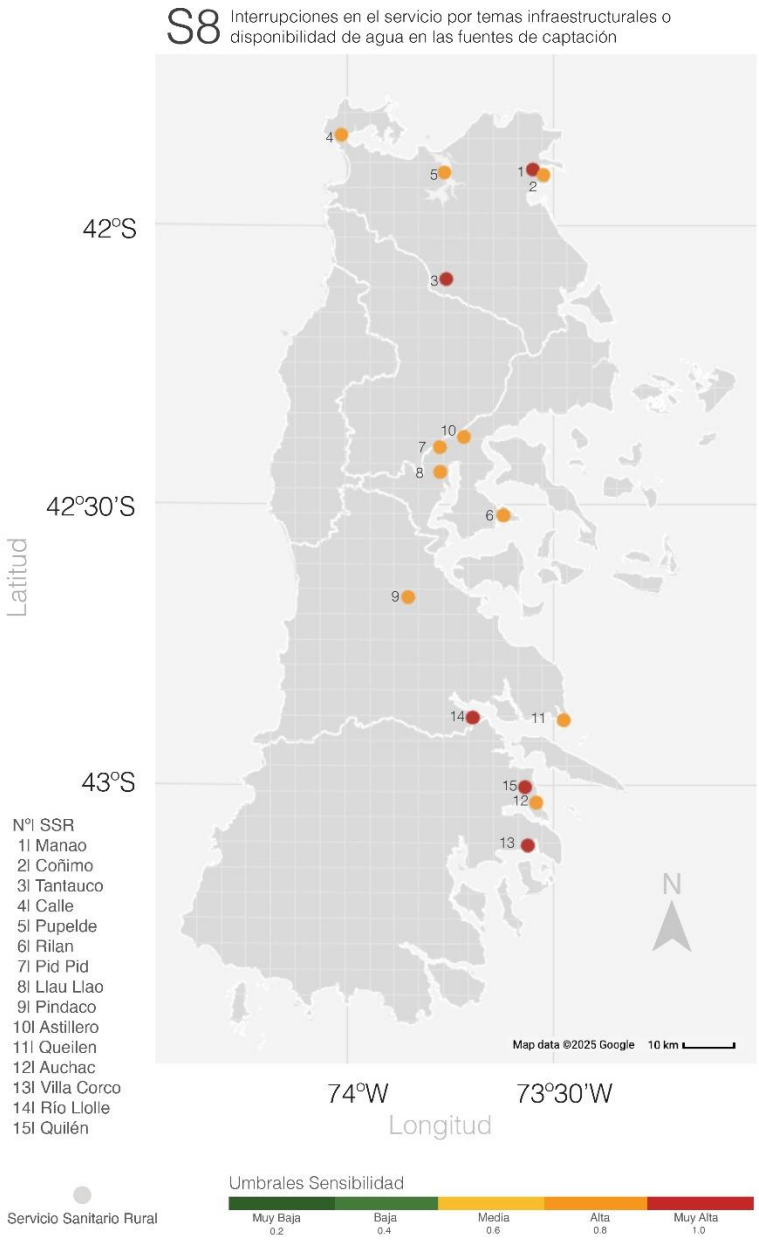


Figura 75. Mapa de sub-indicador de Sensibilidad 8; Interrupciones del servicio asociados a temas de infraestructura o disponibilidad de agua en las fuentes de captación. Elaboración propia.

Subindicador S9. Capacidad de gobernanza y gestión comunitaria del SSR

Se considera como insumo en el análisis de este subindicador, información levantada en terreno a partir de lo informado por los comités de las SSR. Donde se evalúan las condiciones organizacionales y administrativas que permiten a los sistemas rurales responder de manera efectiva ante contingencias como fallas técnicas, sobreexigencia de la demanda o conflictos entre usuarios. La literatura reconoce que la falta de gobernanza y de gestión organizada constituye uno de los principales factores de sensibilidad en los sistemas comunitarios de agua, ya que limita su capacidad de adaptación y coordinación ante escenarios de riesgo (FAO, 2016; SISS, 2022; Ortega et al., 2021). En este sentido, la presencia de instrumentos administrativos, la capacidad financiera, la continuidad en la administración, la disponibilidad de recursos humanos dedicados y la colaboración inter-SSR constituyen subindicadores relevantes para evaluar el nivel de gestión comunitaria. Cada uno de ellos se valora en términos binarios (sí/no), y el resultado agregado permite clasificar el grado de sensibilidad del sistema.

Tabla 39. Evaluación para la gestión de los SSR. Fuente: elaboración propia

Subindicador	Objeto de evaluación	Sí (0)	No (1)
Conocimiento de instrumentos administrativos	Manejo de estatutos, reglamentos internos, manuales de operación y normativas vigentes	Comité conoce y aplica instrumentos	Comité desconoce o no aplica instrumentos
Capacidad financiera	Existencia de fondos, balance positivo y manejo de cuentas	Comité cuenta con recursos y registro financiero	Comité carece de respaldo económico
Continuidad administrativa	Mantención de la gestión más allá de los cambios de directiva	Existe traspaso ordenado y registros claros	Cada cambio de directiva interrumpe la gestión
Honorarios para administración/gestión	Personal remunerado para tareas administrativas y contables	Existe personal contratado (secretario, administrador)	Gestión voluntaria, sin personal contratado
Colaboración inter-SSR	Existencia de coordinación o apoyo mutuo con otros sistemas	Comité participa en asociaciones/redes de SSR	Comité opera de forma aislada

En este componente, la Tabla 39 establece la metodología de evaluación de la capacidad de gestión y gobernanza de los SSR, considerando aspectos administrativos, financieros y organizacionales clave, tales como el conocimiento y la aplicación de instrumentos normativos, la solidez financiera, la continuidad administrativa, la existencia de personal remunerado y los mecanismos de colaboración inter-SSR. Cada subindicador se valora de

forma binaria según la presencia o ausencia de capacidades mínimas de gestión. A partir de la agregación de estos puntajes, los resultados son posteriormente clasificados y normalizados mediante un esquema de quintiles, lo que permite traducir la capacidad de gobernanza de cada sistema a una escala estandarizada de sensibilidad, cuyos rangos, valores normalizados e interpretaciones se presentan en laTabla 40, lo que facilita la comparación entre SSR y la identificación de brechas de gestión institucional.

Tabla 40. Umbrales y normalización en relación a interrupciones del servicio prestado por la SSR. Fuente: elaboración propia

Quintil	Rango de Valores (S9)	Valor Normalizado	Interpretación sensibilidad frente a la capacidad de gobernanza de la SSR
Q1	0,00 - 0,00	0,2	Muy Bajo
Q2	0,01 - 1,00	0,4	Bajo
Q3	1,01 - 1,80	0,6	Medio
Q4	1,81 - 4,00	0,8	Alto
Q5	4,01 - 5,00	1	Muy Alto

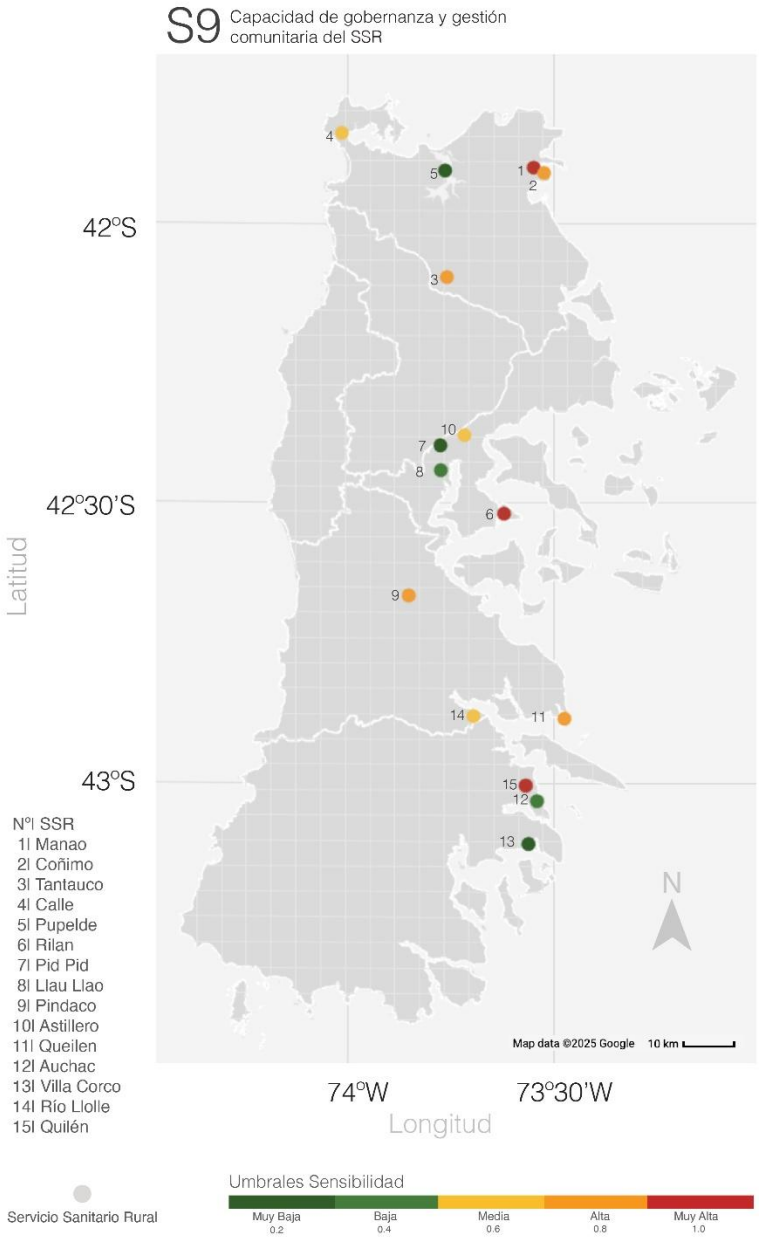


Figura 76. Mapa de sub-indicador de Sensibilidad 9; Capacidad de gobernanza y gestión comunitaria del SSR. Elaboración propia.

Subindicador S10. Disponibilidad de DAA asignadas a la SSR

El subindicador evalúa, a partir de la información verbal del operador, la existencia y la seguridad jurídica y operativa de los derechos asociados a la captación del SSR —documentación vigente, permanencia y restricciones, capacidad real de ejercicio y presencia de conflictos o sanciones—. Se codifica en una escala normalizada de 0–1 (mayor valor = mayor sensibilidad cuando los derechos son inexistentes, temporales, no ejercibles o están en disputa) y se registra el nivel de confianza de la respuesta para priorizar la verificación documental en los casos más críticos.

Tabla 41. Metodología de evaluación para la detección de la interrupción del servicio. Fuente: elaboración propia

Componente	Objeto de evaluación	Adecuado (0)	Deficiente (0,5)	Ausente (1)
Existencia documental de DAA	Existencia de derechos inscritos o documentos formales que acrediten DAA para la captación	Derechos inscritos / documentación disponible y vigente	Documentación parcial, en trámite o no actualizada	No existen derechos ni documentación conocida
Permanencia y restricciones de uso	Naturaleza del derecho: permanente/temporal, restricciones estacionales o turnos	Derecho permanente y sin restricciones operativas relevantes	Derecho con restricciones estacionales o condiciones operativas limitantes	Derecho temporario o sujeto a turnos frecuentes / no renovable
Capacidad de ejercicio efectivo	Capacidad real de captación (instalaciones, puntos autorizados, bombeo) para hacer uso del DAA	Captación y equipos habilitados para ejercer el derecho	Captación parcial o con limitaciones operativas recurrentes	No es posible ejercer el derecho por falta de obras o autorización operativa

En este componente, la Tabla 41 define la metodología de evaluación de la disponibilidad y ejercicio efectivo de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas (DAA) asociados a los SSR, considerando tanto la existencia documental del derecho como su permanencia, restricciones de uso y la capacidad real del sistema para ejercerlo operativamente. Cada dimensión es valorada de manera categórica según su nivel de adecuación. A partir de la suma de los puntajes obtenidos, los resultados son posteriormente clasificados y normalizados mediante un esquema de quintiles, permitiendo traducir la situación legal–operativa de los DAA a una escala estandarizada de sensibilidad frente a la disponibilidad del

recurso, cuyos rangos, valores normalizados e interpretaciones se presentan en la Tabla 42, facilitando la comparación entre sistemas y la identificación de riesgos asociados a la interrupción del servicio por causas regulatorias o administrativas.

Tabla 42. Umbrales y normalización de la disponibilidad de DAA de la SSR. Fuente: elaboración propia

Quintil	Rango de Valores (S10)	Valor Normalizado	Interpretación sensibilidad frente a la disponibilidad de DAA
Q1	0,00 - 0,10	0,2	Muy Bajo
Q2	0,11 - 0,50	0,4	Bajo
Q3	0,51 - 0,90	0,6	Medio
Q4	0,91 - 1,10	0,8	Alto
Q5	1,11 - 2,50	1	Muy Alto

Una vez integrados los subindicadores en la ecuación 3, se obtiene el nivel de sensibilidad de cada SSR con base en la tabla de umbralización del indicador correspondiente.

Tabla 43. Interpretación del nivel de sensibilidad de cada SSR. Fuente: elaboración propia

Rango de Valores	Valor Normalizado	Interpretación
3,80 - 5,24	0,2	Muy Bajo
5,25 - 5,72	0,4	Bajo
5,73 - 6,72	0,6	Medio
6,73 - 7,32	0,8	Alto
7,33 - 14,40	1	Muy Alto

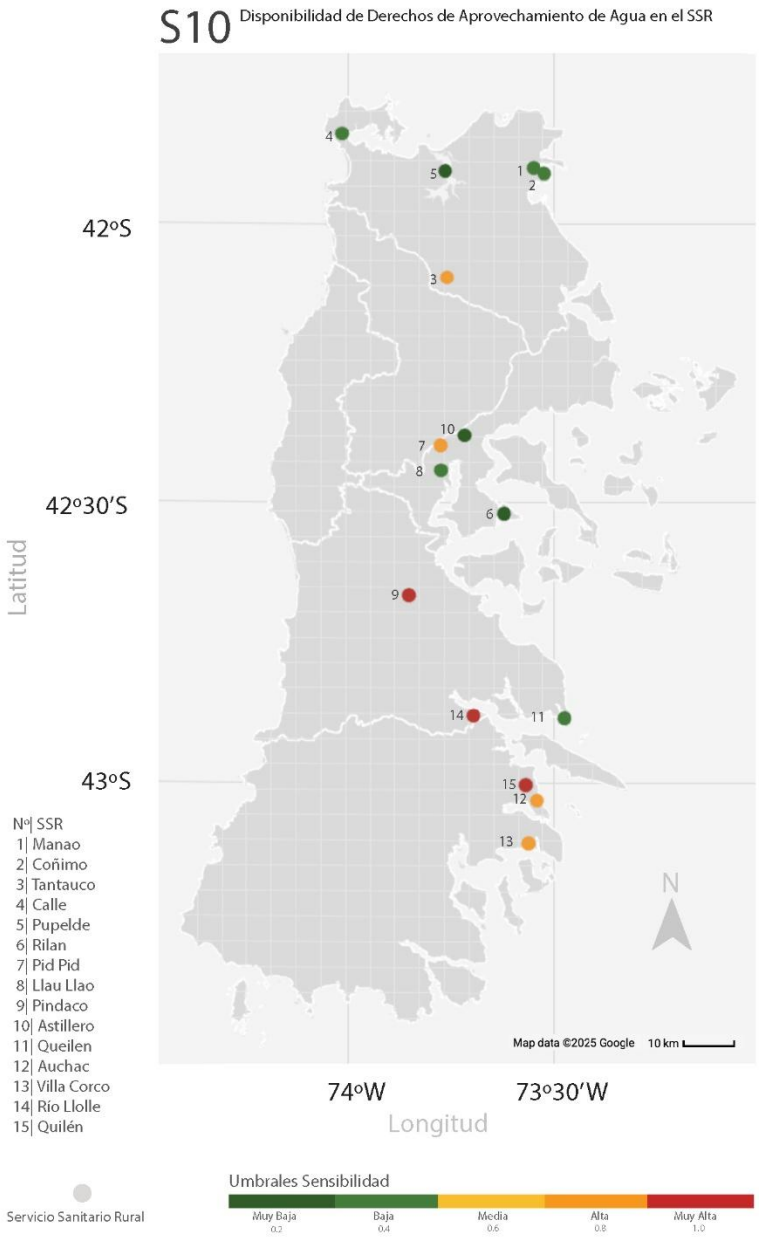


Figura 77. Mapa de sub-indicador de Sensibilidad 10; Disponibilidad de Derechos de Aprovechamiento de Agua del SSR. Elaboración propia.

En resumen, el indicador de sensibilidad de los SSR en la Isla Grande de Chiloé se evaluó a partir de diez subindicadores, detallados anteriormente, que reflejan distintas dimensiones del sistema y, en conjunto, permiten caracterizar la sensibilidad de los SSR desde una perspectiva multifocal.

De esta manera, la sensibilidad resulta de la integración equilibrada de las dimensiones técnicas, hídricas y de gestión comunitaria, ofreciendo una medida comparativa del grado de fragilidad de los sistemas frente a escenarios de riesgo (Tabla 44). Para mayor detalle las tablas y mapas con resultados parciales se presentan en el Anexo 3.

Tabla 44. Resultados de sensibilidad por subindicador, aspectos estructurales y no estructurales, e indicador de sensibilidad (S). Fuente: elaboración propia

Nº	Comuna	SHAC	Nombre comité	S1.	S2.	S3.	S4.	S5.	S6.	S7.	S8.	S9.	S10.	S.E.	S.N.E	S.T.	Normalización	Nivel de S.T.
1	Ancud	Ancud	Manao	0,8	1,0	1,0	1,0	0,4	0,4	0,6	1,0	0,4	0,4	4,2	2,8	7,0	0,8	Alto
2	Ancud	Ancud	Coñimo	0,4	0,8	0,4	0,8	0,6	0,2	0,2	0,8	0,8	0,4	3,4	2,0	5,4	1,0	Muy Alto
3	Ancud	Ancud	Tantauco	0,6	0,8	0,2	0,8	0,4	0,6	1,0	1,0	0,8	0,8	3,6	3,4	7,0	0,8	Alto
4	Ancud	Ancud	Calle	0,4	0,6	0,6	0,6	0,8	0,6	0,2	0,8	0,4	0,4	3,2	2,2	5,4	0,4	Bajo
5	Ancud	Ancud	Pupelde	0,2	0,2	1,0	0,2	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	0,2	2,4	4,0	6,4	0,6	Medio
6	Castro	Castro	Rilan	0,4	0,4	0,2	1,0	0,8	1,0	1,0	0,8	1,0	0,2	3,4	3,4	6,8	0,8	Alto
7	Castro	Castro	Pid Pid	0,8	0,8	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2	0,8	0,2	0,8	2,8	1,8	4,6	0,2	Muy Bajo
8	Castro	Castro	Llau Llao	1,0	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,8	0,2	0,4	2,6	1,2	3,8	0,2	Muy Bajo
9	Chonchi	Huillinco	Pindaco-quitripulli	0,6	0,8	0,2	0,8	0,6	1,0	0,6	0,8	1,0	1,0	3,6	3,8	7,4	1,0	Muy Alto
10	Dalcahue	Castro	Astillero-Punahuel	0,8	0,4	0,8	0,6	0,4	0,4	1,0	0,8	0,2	0,2	3,0	2,6	5,6	0,4	Bajo
11	Queilen	Quellon	Queilen	1,0	0,4	0,6	0,8	0,4	0,4	0,2	0,8	0,4	0,4	3,4	2,0	5,4	0,4	Bajo
12	Quellón	Quellon	Auchac	0,6	0,6	0,8	0,4	0,6	0,6	1,0	0,8	0,4	0,8	3,0	3,6	6,6	0,6	Medio
13	Quellón	Quellon	San Antonio y Oqueldán	0,8	0,2	1,0	0,2	0,6	0,4	0,6	1,0	0,2	0,8	2,8	3,0	5,8	0,6	Medio
14	Quellón	Huillinco	Río Llolle	0,2	0,6	1,0	0,6	1,0	0,6	1,0	1,0	0,8	1,0	3,4	4,4	7,8	0,8	Alto
15	Quellón	Huillinco	Quilén	0,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	4,2	4,8	9,0	1,0	Muy Alto

Nota: (1) **S1**= Nº arranques; **S2**= razón demanda segura período estival ($Q_{seguro}/Q_{demanda}$); **S3**= crecimiento en la demanda, considerando aumento de infraestructura (2019-2024); **S4**= capacidad de almacenamiento pér capita; **S5**= Disponibilidad de componentes básicos para el funcionamiento de una SSR; **S6**= Disponibilidad y completitud de registros de calidad del agua entregada por la SSR; **S7**= Diversificación de fuentes de agua; **S8**= Interrupciones en el servicio por temas infraestructurales o disponibilidad de agua en las fuentes de captación; **S9**= Capacidad de gobernanza y gestión comunitaria del SSR; **S10**= Disponibilidad de DAA asignadas a la SSR.

(2) **S.E.**= Sensibilidad Estructural; **S.N.E.**= Sensibilidad No Estructural; **S.T.**=Sensibilidad Total (Indicador de sensibilidad

El análisis de la Sensibilidad Estructural (S.E.) revela una disparidad significativa en la robustez física de los servicios, donde comités como Manao y Quilén presentan la mayor sensibilidad debido a una alta presión por el número de arranques y a una capacidad de almacenamiento per cápita limitada. Por otro lado, la dimensión de Sensibilidad No Estructural (S.N.E.) evidencia deficiencias críticas en la gestión y gobernanza, especialmente en Quilén y Pindaco-quitripulli, donde la falta de registros de calidad del agua y la nula diversificación de fuentes elevan la fragilidad administrativa del sistema. Es notable cómo casos como Llau Llau logran mitigar su sensibilidad global mediante una gestión operativa más eficiente, a pesar de las demandas técnicas de su red.

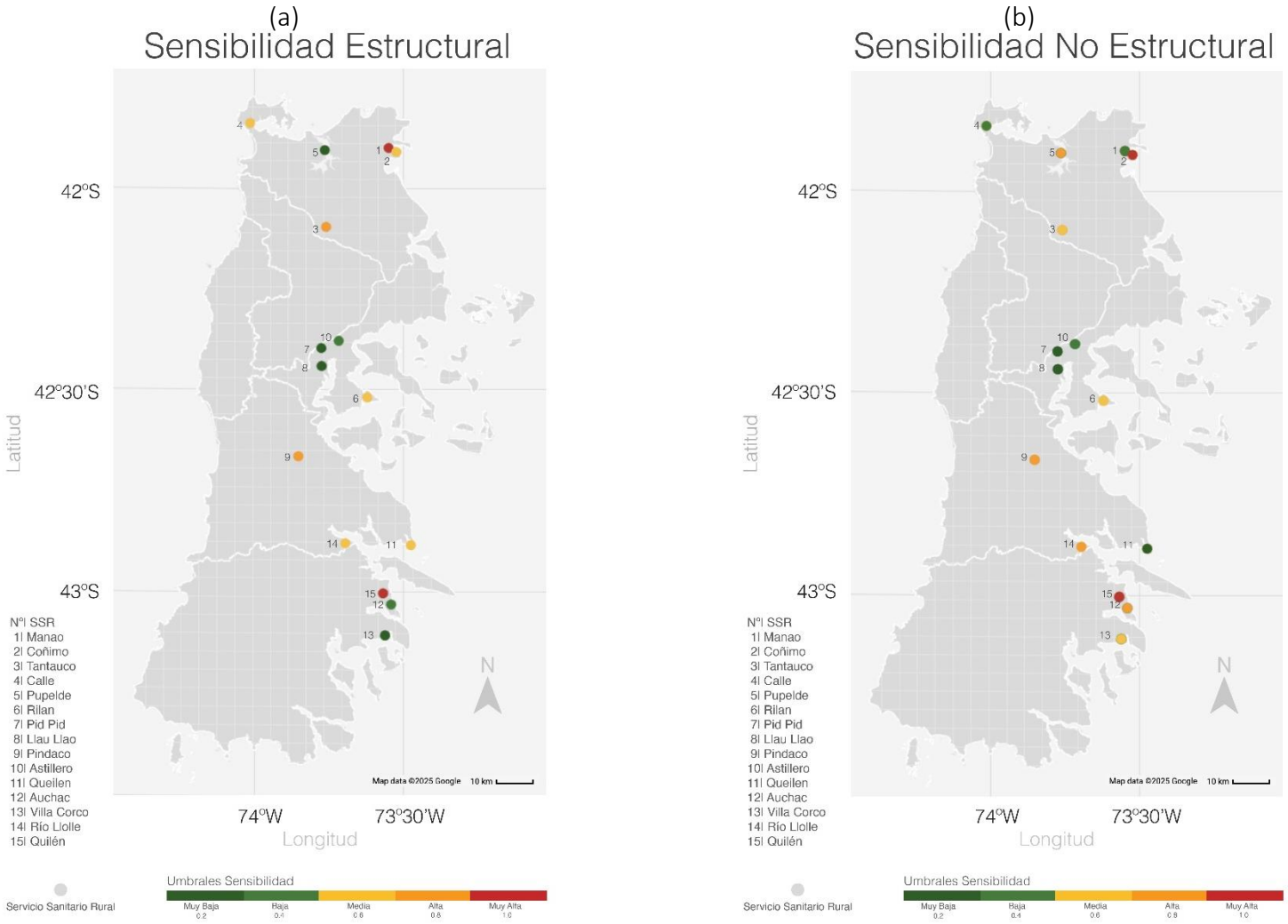


Figura 78. Resultados del Indicador de Sensibilidad Estructural (S.E.) y del Indicador de Sensibilidad No Estructural (S.N.E.) de las SSR incluidas en el estudio.

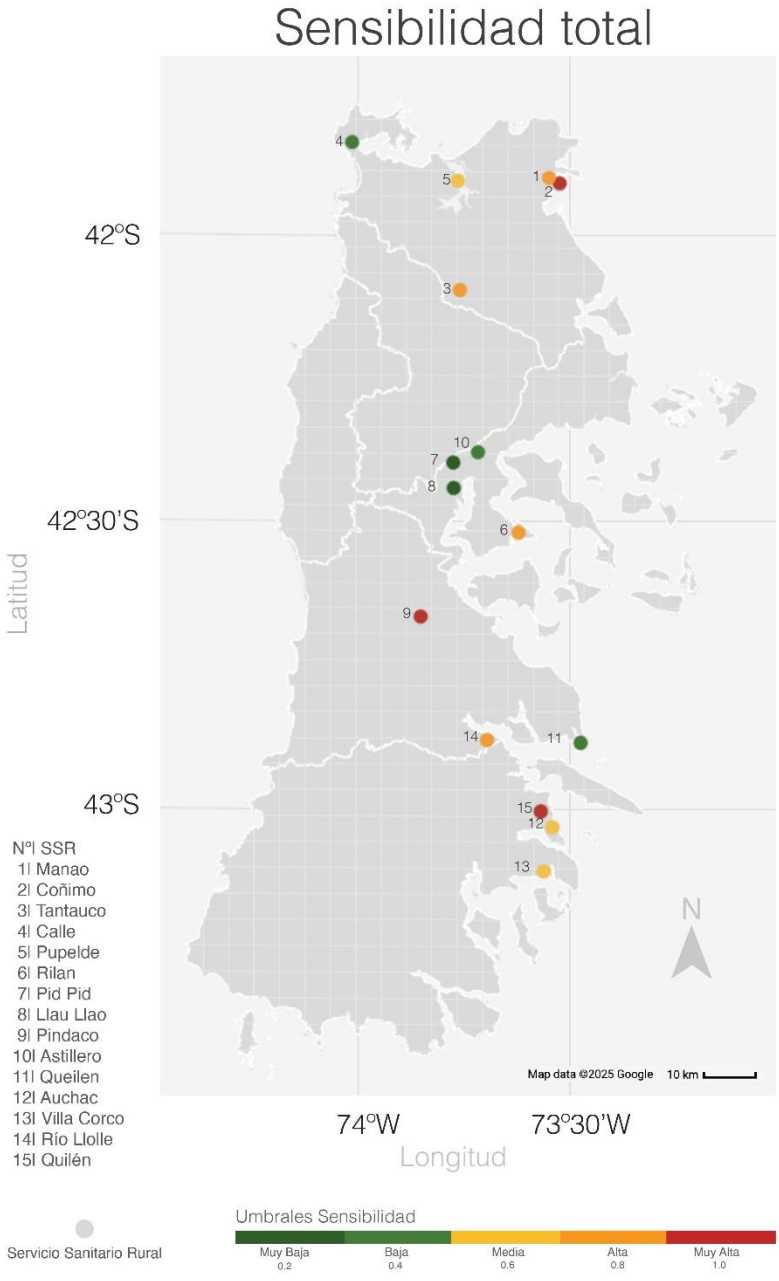


Figura 79. Resultados del indicador de sensibilidad de las SSR incluidas en el estudio.

Como resultado final, el indicador de sensibilidad total identifica a Coñimo, Pindaco-quitripulli y Quilén en el nivel más crítico de vulnerabilidad, alcanzando el puntaje máximo de normalización debido a la precariedad simultánea de sus componentes técnicos y organizativos. En contraste, localidades como Calle, Pid Pid y Llau Llau se sitúan en niveles de sensibilidad bajos o muy bajos, lo que sugiere una mayor resiliencia y capacidad de respuesta ante eventos adversos. En conclusión, la alta sensibilidad observada en la mayoría de la muestra responde primordialmente a la dependencia de fuentes únicas y a debilidades en la gestión comunitaria, factores que comprometen la continuidad del servicio ante futuras crisis hídricas.

5.3.2.4 ÍNDICE CAPACIDAD ADAPTATIVA

Para la estimación de la capacidad adaptativa, se han considerado indicadores relacionados con la intervención operacional de los sistemas, entre los cuales se encuentran la incorporación de tecnología y la evaluación de la operación mediante estrategias de mejoramiento continuo. Los indicadores propuestos para esta capacidad están condicionados por la voluntariedad de los servicios sanitarios rurales a incorporarlos dentro de su operación, existiendo casos en donde existen sistemas que ya poseen uno o más de estos indicadores.

Dado que la caracterización de estos indicadores está asociada a una respuesta binaria (posee/no posee), se asignará un peso diferenciado a cada respuesta, considerando la normalización de los valores en el rango de 0 a 1. Será 1 aquel que posea alguno de los indicadores, mientras que será 0 aquel que no lo posea.

Subindicador CA1. Incorporación de tecnologías de gestión y control

Corresponde a la capacidad de un SSR para integrar herramientas tecnológicas que faciliten el monitoreo y la gestión de su operación. Estas tecnologías incluyen sistemas de telemetría, registros digitales de producción y consumo, medición de horas de funcionamiento de bombas, control de consumo eléctrico, o plataformas de gestión administrativa y financiera. La incorporación de estos instrumentos permite una administración más eficiente y transparente del servicio, facilita la toma de decisiones basada en información y mejora la capacidad de respuesta ante contingencias operacionales. En este sentido, los SSR que cuentan con tecnologías de gestión y control presentan una **alta capacidad adaptativa**, mientras que aquellos que no disponen de ellas se consideran de **baja capacidad adaptativa**,

al operar con información limitada y depender exclusivamente de la experiencia acumulada de los administradores comunitarios.

Este subindicador, se divide dos dimensiones:

i. Tecnologías de gestión del recurso hídrico, que incluyen:
   a. Telemetría (nivel de estanques, caudal, presión, calidad)
   b. Registros digitales de producción y consumo (hojas digitales, apps o plataformas)
   c. Monitoreo del funcionamiento de bombas (horas, ciclos, amperaje, temperatura)
   d. Control de consumo eléctrico del sistema
   e. Sensores básicos (caudalímetros, presostatos inteligentes, alarmas)

ii. Tecnologías administrativas y de gestión del servicio, que incluye:
   a. Software o plataformas de gestión financiera y administrativa
   b. Sistemas de morosidad digital o boleta electrónica
   c. Registro digital de socios y conexiones
   d. Planificación digital de mantenciones
   e. Repositorios digitales de actas y documentos

De esta manera, podemos diferenciar los SSR con capacidades técnicas, pero administración manual, o viceversa.

Tabla 45. Evaluación por niveles - Tecnología de Gestión Hídrica (A). Fuente: elaboración propia

Nivel	Descripción operativa	Valor Normalizado
Adecuado	El SSR cuenta con 2 o más sistemas tecnológicos instalados y operativos, ejemplo: • telemetría + registro digital producción/consumo • telemetría + control eléctrico	0,0
Deficiente	Existe 1 tecnología instalada, pero de uso parcial, discontinuo, o sin integración en la gestión, ejemplo: • caudalímetro sin registro sistemático • telemetría intermitente • planillas digitales no actualizadas	0,5
Ausente	No cuenta con sistemas tecnológicos ni con registros digitales sistemáticos. Sólo presentan una gestión basada en la percepción, la experiencia y los registros manuales.	1,0

Tabla 46. Evaluación por niveles - Tecnologías administrativas y de gestión del servicio (B). Fuente: elaboración propia

Nivel	Descripción operativa	Valor Normalizado
Adecuado	El SSR cuenta con al menos 1 sistema tecnológicos instalados y operativos, ejemplo: • uso de plataforma administrativa/financiera • registro digital actualizado de socios • control de morosidad digital • respaldo digital de documentos	0,0
Deficiente	Existe 1 tecnología instalada, pero de uso parcial, discontinuo, o sin integración en la gestión, ejemplo: • boleta electrónica • registro digital o plataforma en uso parcial • con brechas en actualización, orden o continuidad	0,5
Ausente	Toda la administración se realiza en cuadernos o registros físicos. No existen soportes digitales.	1,0

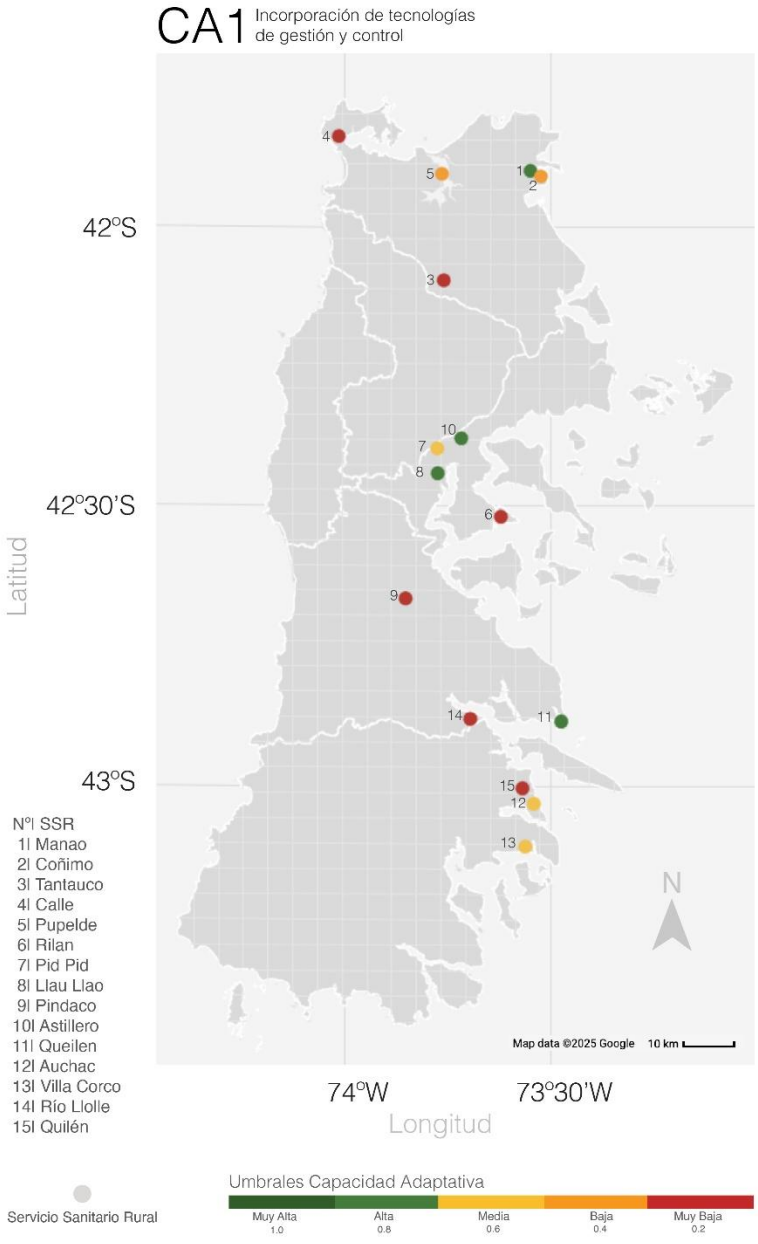


Figura 80. Mapa del Sub-indicador 1 de Capacidad Adaptativa: Incorporación de tecnologías de control y gestión. Elaboración propia.

Subindicador CA2. Proyección y compromiso institucional para el fortalecimiento de la infraestructura del Servicio Sanitario Rural (SSR).[29]

Este subindicador mide el grado de proyección institucional y el nivel de compromiso operativo y financiero para el mejoramiento de la infraestructura del SSR, con el objetivo de asegurar el abastecimiento y la continuidad del servicio para la población, en horizontes de corto plazo (1–3 años) y de mediano plazo (4–10 años).

Su alcance comprende la existencia y solidez de planes o proyecciones (formales o descritas sustantivamente), la identificación y aseguramiento parcial o total de fuentes de financiamiento, la definición de cronogramas e hitos de ejecución, el inicio y avance verificable de acciones (diseño, licitación, obras o adquisiciones), la implementación de mecanismos de monitoreo y mantenimiento, consideración de riesgos críticos y las medidas de mitigación, y la participación y validación por parte de actores comunitarios y técnicos.

Este subindicador evalúa la capacidad institucional del SSR para planificar, financiar y ejecutar mejoras en infraestructura, considerando dos horizontes:

i. Planificación y compromisos a corto plazo (1–3 años), que incluye:
   a. Existencia de proyectos definidos (ampliaciones, sondajes, mejoras de impulsión, nuevas fuentes, estanques, telemetría, etc.)
   b. Nivel de formalidad de la planificación (actas, solicitudes DOH, diagnósticos)
   c. Fuentes de financiamiento identificadas o gestionadas
   d. Hitos claros de ejecución (diseño, licitación, obras, adquisiciones)
   e. Avances verificables o acciones iniciadas
   f. Validación y participación comunitaria en decisiones

ii. Mediano plazo: 4–10 años
   a. Visión estratégica de crecimiento del SSR
   b. Identificación de riesgos hidrológicos futuros (sequías, demanda futura)
   c. Proyecciones de nuevas infraestructuras estructurales
   d. Priorización de inversiones futuras
   e. Relación con DOH, municipios y programas gubernamentales
   f. Señales de compromiso financiero o institucional (postulaciones, intenciones formales)

[29] Se considera como horizontes: corto plazo de 1 a 3 años y mediano plazo de 4 a 10 años

Ahora bien, los niveles se establecen con base en criterios verificables obtenidos mediante entrevistas y documentación.

Cada dimensión se evalúa en tres niveles: Adecuado (0,0), Deficiente (0,5) y Ausente (1,0).

Tabla 47. Evaluación por niveles - Planificación a corto plazo (1–3 años) (A). Fuente: elaboración propia

Nivel	Descripción operativa	Valor Normalizado
Adecuado	Existe un plan o proyección clara para los próximos 1–3 años, que incluya al menos 2 de las siguientes tipologías: • proyectos definidos • financiamiento identificado o en gestión avanzada • cronograma e hitos • participación comunitaria • avances verificables (diseño, licitación u obras)	0,0
Deficiente	Existen ideas o intenciones de proyectos, pero sin claridad en financiamiento, cronogramas ni acciones iniciadas. No hay avances concretos, aunque existe conciencia desde el comité y/o usuarios de la necesidad	0,5
Ausente	No existe planificación o visión de necesidades a corto plazo. No se identifican proyectos, financiamiento ni acciones orientadas a resolver brechas de infraestructura	1,0

Tabla 48. Evaluación por niveles - Planificación a mediano plazo (4–10 años) (B).Fuente: elaboración propia

Nivel	Descripción operativa	Valor Normalizado
Adecuado	El SSR cuenta con una visión de crecimiento futuro y necesidades estructurales (fuentes, estanques, redes, energía, recambio de equipos), que incluya al menos 2 de las siguientes tipologías: • análisis de riesgos • proyecciones de demanda • propuestas de proyectos futuros, desde las SSR o instituciones externas (públicas, privadas, ONG, etc) • gestiones institucionales (MOP, Municipalidad, GORE, etc)	0,0
Deficiente	Existe una percepción general de necesidades futuras, pero no está formalizada en documentos, no priorizada ni cuenta con estrategias claras. No existen gestiones concretas.	0.5
Ausente	No existe visión de mediano plazo, identificación de riesgos ni planificación de futuras inversiones. El SSR opera de forma reactiva.	1,0

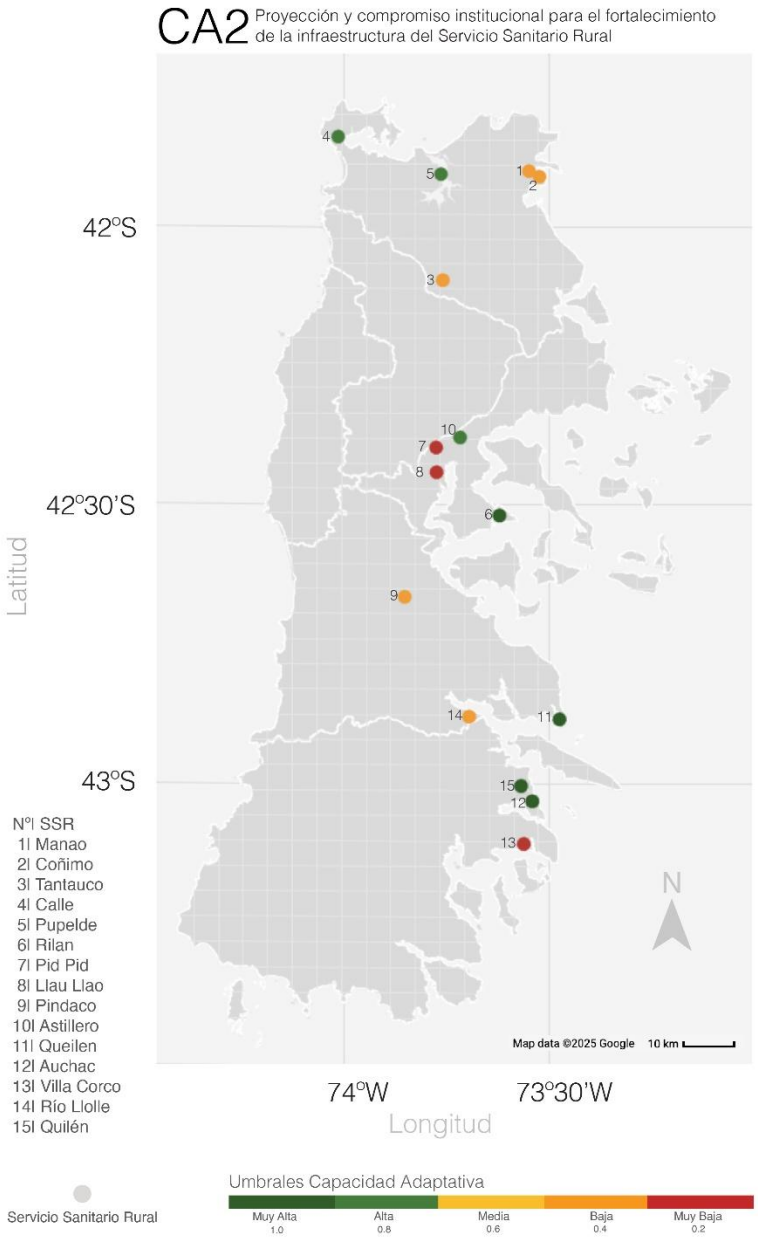


Figura 81. Mapa del Sub-indicador 2 de Capacidad Adaptativa: Proyección y compromiso institucional para el fortalecimiento de la infraestructura del SSR. Elaboración propia.

Subindicador CA3. Sistemas de respaldo energético

Corresponde a la evaluación de la disponibilidad, la fiabilidad y la sostenibilidad de los sistemas de respaldo energético del SSR, orientados a asegurar la continuidad operacional del servicio de abastecimiento frente a cortes de suministro eléctrico y a variaciones en la disponibilidad de energía. Su alcance contempla la existencia y adecuación de fuentes de respaldo (generadores, bancos de baterías, plantas solares con almacenamiento), la suficiencia de capacidad y autonomía para cargas críticas, la provisión continua de combustible o energía (contratos, reservas, cadenas de suministro), los procedimientos de operación y mantenimiento, los registros de pruebas y la planificación financiera y las responsabilidades institucionales para el sostenimiento. La unidad de análisis es la plataforma energética asociada al conjunto de instalaciones y servicios críticos del SSR.

La evaluación se fundamenta en evidencias cualitativas extraídas de entrevistas con técnicos, gestores, y administrativos.

El subindicador CA3 se compone de tres dimensiones complementarias que reflejan la arquitectura energética de los SSR:

i. Existencia y adecuación de sistemas de respaldo, que incluye:
   a. Generadores (fijos o portátiles)
   b. Bancos de baterías UPS para bombas o sistemas críticos
   c. Sistemas fotovoltaicos con almacenamiento (baterías)
   d. Transferencia automática o manual

ii. Autonomía y viabilidad operativa del respaldo, que considera:
   a. Autonomía energética real para cargas críticas (horas o ciclos)
   b. Reserva de combustible segura y actualizada (diésel, bencina)
   c. Contratos de suministro o acuerdos con proveedores
   d. Accesibilidad de combustible en emergencias
   e. Adecuación del tamaño del generador para bombas (potencia efectiva)

iii. Protocolos, mantenimiento y sostenibilidad institucional, que incluye:
   a. Procedimientos de operación y protocolos claros (manuales, emergencias)
      Registros de pruebas periódicas
   b. Mantenimiento preventivo documentado
   c. Roles definidos para operación del sistema de respaldo
   d. Financiamiento sostenido para operación, reposición y mantenimiento

Cada dimensión se evalúa en tres niveles: Adecuado (0,0), Deficiente (0,5) y Ausente (1,0).

Tabla 49. Evaluación por niveles: existencia y adecuación del sistema de respaldo. Fuente: elaboración propia.

Nivel	Descripción operativa	Valor Normalizado
Adecuado	El SSR cuenta con un sistema de respaldo energético instalado y funcional (generador, baterías o FV[30] + almacenamiento) dimensionado adecuadamente para cargas críticas (bombas, cloración, telemetría). Existe transferencia manual o automática (partida del sistema).	0,0
Deficiente	Existe un sistema de respaldo, pero su capacidad es insuficiente, su uso es esporádico o presenta fallas frecuentes; o bien no cubre todas las cargas críticas.	0,5
Ausente	No existe ningún sistema de respaldo energético operativo.	1,0

Tabla 50. Evaluación por niveles - Autonomía energética y aseguramiento del suministro. Fuente: elaboración propia.

Nivel	Descripción operativa	Valor Normalizado
Adecuado	El sistema de respaldo debe presentar, al menos, 1 de estas tipologías: • mantener cargas críticas por un período adecuado (≥4–6 h según contexto) • cuenta con reservas suficientes y actualizadas de combustible • acceso garantizado a suministro en emergencias	0,0
Deficiente	Autonomía limitada (1–3 h), reservas de combustible inestables o no verificadas, o incertidumbre en la reposición durante cortes prolongados.	0,5
Ausente	No existe autonomía energética asegurada; sin reservas ni posibilidad clara de sostener operación ante un corte.	1,0

Tabla 51. Protocolos, mantenimiento y sostenibilidad institucional. Fuente: elaboración propia

Nivel	Descripción operativa	Valor Normalizado
Adecuado	Existen protocolos escritos o verbalizados claramente, registros de pruebas, mantenimiento preventivo regular, roles definidos y planificación financiera para sostener respaldo (combustible, mantención, reposición).	0,0
Deficiente	Conocimiento práctico del funcionamiento, pero sin documentos, registros irregulares o mantenimiento esporádico. Responsabilidades poco claras.	0,5
Ausente	No hay protocolos, mantenimiento ni responsables definidos.	1,0

[30] FV: Panel fotovoltaico

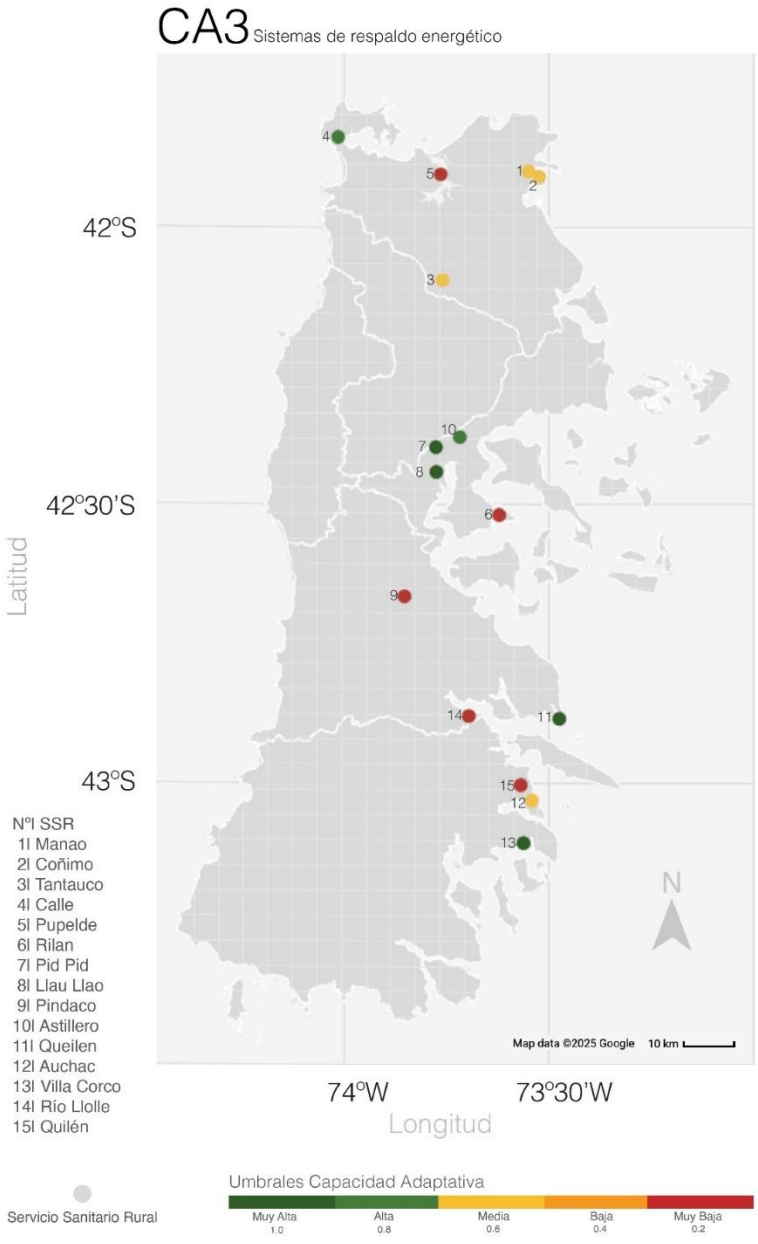


Figura 82. Mapa del Sub-indicador 3 de Capacidad Adaptativa: Sistemas de respaldo energético. Elaboración propia.

Subindicador CA4. Diversificación de fuentes de financiamiento

Este subindicador evalúa el grado de diversificación, suficiencia y sostenibilidad de las fuentes de financiamiento destinadas al fortalecimiento y a la operación del SSR, a fin de asegurar la continuidad y la mejora de los servicios.

Su alcance incluye la existencia y la combinación de fuentes: presupuesto público recurrente e inversión, transferencias municipales y regionales, contratos de prestación de servicios, mecanismos de autofinanciamiento o de recaudación local, alianzas público-privadas y reservas o fondos de contingencia.

La evaluación se basa en evidencias cualitativas recopiladas mediante entrevistas a gestores, técnicos, autoridades y actores externos relevantes. Es importante señalar que, a partir de entrevistas, es factible valorar la solidez institucional y la credibilidad de la diversificación (por ejemplo, existencia de convenios, fuentes alternativas identificadas y planes de sostenimiento), no así la recopilación de montos verificables ni mediciones financieras.

El subindicador CA4 tiene dimensiones fundamentales de análisis institucional y financiero:

i. Diversificación de fuentes existentes (variedad), que incluye:
   a. Tarifas/cuotas locales
   b. Financiamiento DOH/MOP
   c. Municipalidad / Gobierno regional
   d. SUBDERE / FNDR / PMB
   e. Proyectos BID/otros
   f. Alianzas con empresas o terceros
   g. Fondos de emergencia/reserva interna

ii. Estabilidad y credibilidad institucional de las fuentes, que considera:
   a. convenios formales
   b. entregas regulares de fondos
   c. continuidad de proyectos
   d. compromisos municipales
   e. tasas de morosidad controladas
   f. reservas que se mantienen en el tiempo

iii. Estrategia de sostenibilidad financiera
   a. existencia de planes explícitos (aunque no sistematizados)

b. metas de fortalecimiento
c. estrategias para diversificar ingresos
d. gestión de recursos externos
e. control de morosidad
f. mecanismos de ahorro
g. decisiones de asamblea con foco en sostenibilidad

Es importante señalar que estas tablas están diseñadas para entrevistas, con criterios verificables sin necesidad de datos contables.

Tabla 52. Evaluación por niveles - Diversificación de fuentes existentes (A). Fuente: elaboración propia

Nivel	Descripción operativa	Valor Normalizado
Adecuado	El SSR cuenta con al menos 3 fuentes de financiamiento activas, por ejemplo: • tarifas locales • inversión pública • apoyo municipal • fondo reserva, con combinaciones que se utilizan regularmente	0,0
Deficiente	El SSR depende de una fuente principal, con alguna fuente secundaria ocasional, por ejemplo: • solo cuotas o tarifas locales + proyectos puntuales	0,5
Ausente	Existe dependencia exclusiva de una sola fuente, por ejemplo, de tarifas locales. No hay diversificación	1,0

Tabla 53. Evaluación por niveles - Estabilidad y credibilidad institucional de las fuentes (B). Fuente: elaboración propia

Nivel	Descripción operativa	Valor Normalizado
Adecuado	El SSR cuenta con fuentes regulares, formales o con compromisos claros, que cumplen con al menos una de estas tipologías: • convenios o patrones estables • morosidad controlada • fondos de reserva vigentes	0,0
Deficiente	El SSR presenta alguna de estas tipologías: • las fuentes existen, pero son inestables o no garantizadas • no hay compromisos formales; morosidad irregular • fondo de reserva variable	0,5
Ausente	El SSR presenta alguna de estas tipologías: • no existe estabilidad financiera • no hay compromisos externos • fuerte vulnerabilidad económica • no hay reserva ni regularidad en ingresos	1,0

Tabla 54. Evaluación por niveles - Estrategia de sostenibilidad financiera (C). Fuente: elaboración propia

Nivel	Descripción operativa	Valor Normalizado
Adecuado	Desde el SSR existe una visión clara, incluso verbalizada. Se manifiesta al menos 2 de estas tipologías: • planificación financiera futura (hoja de ruta con costos asociados) • mecanismos de ahorro • gestión activa de fondos • control de morosidad • búsqueda de nuevos proyectos/alianzas	0,0
Deficiente	El SSR manifiesta al menos una de estas tipologías: • lluvia de ideas, pero sin un plan claro • Las propuestas dependen de oportunidades y no de planificación • decisiones reactivas	0,5
Ausente	No existe estrategia ni visión financiera futura. El SSR opera reactiva y de forma precaria	1,0

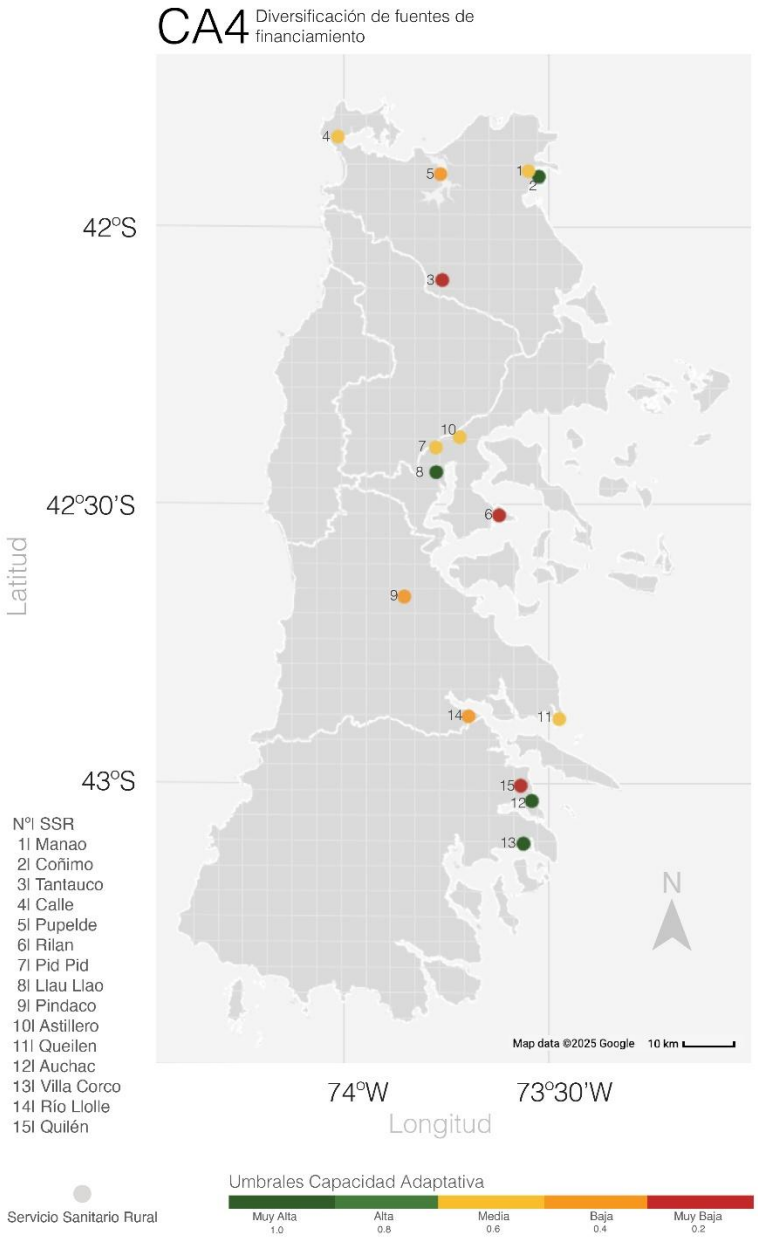


Figura 83. Mapa del Sub-indicador 4 de Capacidad Adaptativa: Diversificación de las fuentes de financiamiento. Elaboración propia.

Subindicador CA5. Gestión ambiental del entorno y/o protección de fuentes

A través de este subindicador se mide el grado de gestión ambiental del entorno y la protección de las fuentes vinculadas al SSR, con el fin de garantizar la calidad y la disponibilidad del recurso hídrico. Su alcance abarca la existencia y aplicación de medidas de protección física de fuentes (zonas de protección, cercos, control de accesos), gestión de cuencas y uso de suelo (prácticas de conservación, reforestación, control de actividades antrópicas contaminantes), sistemas de control y tratamiento de vertidos y aguas residuales en el entorno, monitoreo regular de calidad y cantidad de las fuentes, marcos regulatorios y permisos, capacidad institucional y financiera para mantener las medidas de protección, mecanismos de respuesta ante contaminaciones o degradación, y la participación y corresponsabilidad de comunidades y actores locales en la protección.

Su alcance incluye:

- Medidas de protección física y regulatoria de las fuentes
- Manejo ambiental y ecológico del entorno, incorporando SbN.[31]
- Mantenimiento institucional, monitoreo, gobernanza local y financiamiento para sostener las medidas

La evaluación se fundamenta en evidencias cualitativas obtenidas mediante entrevistas a representantes comunitarios, operadores, técnicos y autoridades locales.

El subindicador se compone de tres dimensiones integradas, incluyendo SbN como eje central de la dimensión (ii):

i. Protección física y regulatoria de la fuente.[32], que incluye:

- Cercos, barreras, control de acceso
- Delimitación formal o empírica de zonas de protección
- Regularización y permisos asociados al uso de agua
- Acuerdos formales/informales con propietarios del predio
- Señalización y resguardo ante actividades cercanas

ii. Gestión ambiental del entorno, manejo de la microcuenca y Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN), que considera:

[31] Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN)
[32] Evalúa las acciones destinadas a resguardar directamente la captación o fuente del SSR

- SbN relevantes para SSR,
    - Reforestación nativa para proteger nacientes
    - Barreras vegetales vivas (protección contra escorrentías y sedimentos)
    - Exclusión ganadera para regeneración natural
    - Zanjas de infiltración / swales
    - Humedales naturales o artificiales
    - Biofiltros vegetales
    - Restauración ecológica en zonas de recarga
    - Gestión del suelo para favorecer infiltración y disminuir erosión
    - Estabilización biológica de taludes o riberas

- Gestión ambiental del entorno,
    - Control de actividades contaminantes (ganado, agricultura, forestal, caminos)
    - Planificación del uso de suelo
    - Medidas de control de erosión y sedimentos
    - Participación de actores locales en acciones ambientales

iii. Monitoreo, gobernanza y sostenibilidad institucional, que considera:

- Monitoreo regular de calidad y cantidad
- Registros confiables de toma de muestras
- Protocolos de respuesta ante contaminación o incidentes
- Capacidades técnicas e institucionales
- Responsabilidades asignadas y sostenidas
- Financiamiento para implementación de protección y SbN
- Participación comunitaria y corresponsabilidad

Tabla 55. Evaluación por niveles - Protección física y regulatoria de la fuente (A). Fuente: elaboración propia

Nivel	Descripción operativa	Valor Normalizado
Adecuado	El SSR presenta protección física completa, con al menos 1 de las siguientes tipologías: • cercos, acceso controlado • zona de protección definida, • permisos o regularización de derechos de agua • acuerdos con propietarios y señalización	0,0
Deficiente	El SSR presenta protección, pero muestra una de las siguientes tipologías: • protección deteriorada	0,5

	• zona de protección no implementada plenamente • regularización del área de servicio en trámite • control de acceso incompleto	
Ausente	Sin protección física ni control del acceso fuente expuesta a riesgos ambientales y antrópicos	1,0

Tabla 56. Evaluación por niveles - Gestión ambiental del entorno, manejo de la microcuenca y Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) (B). Fuente: elaboración propia

Nivel	Descripción operativa	Valor Normalizado
Adecuado	Se implementan acciones ambientales sistemáticas con mantenimiento y participación local, incluyendo al menos una SbN en operación, por ejemplo: • reforestación nativa, • barreras vegetales, • restauración de microcuenca, • exclusión ganadera permanente, • humedal/biofiltro	0,0
Deficiente	El SSR cumple con al menos una de estas tipologías: • acciones ambientales aisladas o esporádicas, • existe conocimiento de SbN pero sin implementación concreta • existen medidas parciales sin continuidad (p. ej., cercos provisorios, plantaciones sin mantenimiento)	0,5
Ausente	No hay acciones ambientales ni SbN Entorno con actividades contaminantes o degradación sin gestión	1,0

Nota: Para esta evaluación se consideró que:

Si existe ≥1 SbN implementada, el nivel nunca podrá ser Ausente

Si existen ≥2 SbN activas o consolidadas, se refuerza la calificación Adecuado

Tabla 57. Evaluación por niveles - Monitoreo, gobernanza y sostenibilidad institucional (C). Fuente: elaboración propia

Nivel	Descripción operativa	Valor Normalizado
Adecuado	El SSR presenta, al menos, 2 de las siguientes tipologías: • monitoreo periódico de calidad y cantidad • respuesta ante contaminación • financiamiento y mantenimiento de las medidas (incluidas SbN) • gobernanza y roles claros • participación comunitaria activa	0,0
Deficiente	El SSR muestra una de las siguientes tipologías: • Actividades de monitoreo irregulares • roles poco definidos • acciones reactivas • financiamiento insuficiente o incierto	0,5
Ausente	No se realiza monitoreo ni existen mecanismos de gobernanza para la protección o gestión ambiental.	1,0

Una vez integrados los subindicadores a la ecuación 3, se obtiene el nivel de capacidad adaptativa de cada SSR, en base a la tabla de umbralización del indicador correspondiente.

Tabla 58. Interpretación de nivel de capacidad adaptativa de cada SSR. Fuente: elaboración propia

Rango de Valores	Valor Normalizado	Interpretación
2,50 - 3,30	0,2	Muy Bajo
3,31 - 5,20	0,4	Bajo
5,21 - 8,00	0,6	Medio
8,01 - 8,70	0,8	Alto
8,71 - 10,50	1	Muy Alto

La capacidad adaptativa constituye la dimensión más incipiente en el análisis de riesgo de los SSR de Chiloé, pero, al mismo tiempo, representa un eje estratégico para su fortalecimiento futuro. Los subindicadores propuestos buscan capturar los avances hacia la modernización de la operación y la diversificación de las soluciones hídricas en un territorio caracterizado por sistemas comunitarios de pequeña escala. Si bien actualmente la mayoría de los SSR carece de estas herramientas, su inclusión como parte del indicador permite reconocer las brechas existentes y orientar la formulación de políticas y proyectos de innovación que refuercen la resiliencia de estos servicios frente al cambio climático y a la presión creciente sobre el recurso hídrico.

En este sentido, la capacidad adaptativa no se mide únicamente en función de la infraestructura instalada, sino también de la voluntad y la posibilidad de los SSR de incorporar mejoras tecnológicas y soluciones sostenibles en su gestión. De este modo, aunque se trata de un componente aún en desarrollo, su consideración en la propuesta metodológica permite avanzar hacia una visión integral del riesgo, en la que la adaptación se reconoce como un elemento clave para garantizar la continuidad, la seguridad y la sostenibilidad de los sistemas de agua potable rurales en la Isla Grande de Chiloé.

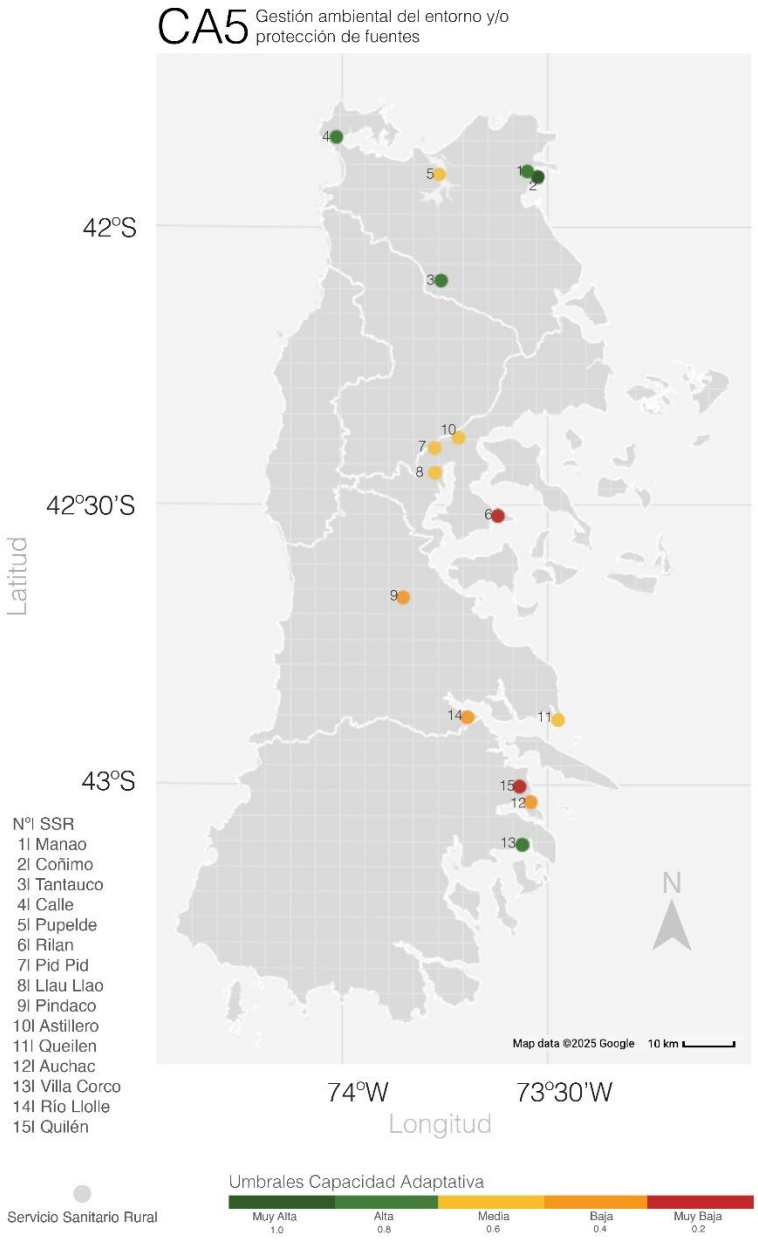


Figura 84. Mapa del Sub-indicador 5 de Capacidad Adaptativa: Gestión ambiental del entorno y/o gestión de fuentes. Elaboración propia.

Nº	Comuna	SHAC	Nombre comité	CA1	CA2	CA3	CA4	CA5	C.A.T.	Normalización	Nivel de C.A.T
1	Ancud	Ancud	Manao	2,0	0,5	0,5	2,5	2,5	8,0	0,6	Medio
2	Ancud	Ancud	Coñimo	1,0	0,5	0,5	3,0	3,0	8,0	0,6	Medio
3	Ancud	Ancud	Tantauco	0,0	0,5	0,5	0,5	2,5	4,0	0,4	Bajo
4	Ancud	Ancud	Calle	0,0	1,0	1,0	2,0	2,5	6,5	0,6	Medio
5	Ancud	Ancud	Pupelde	1,0	1,0	0,0	1,5	2,0	5,5	0,6	Medio
6	Castro	Castro	Rilan	0,0	2,0	0,0	0,0	1,0	3,0	0,2	Muy Bajo
7	Castro	Castro	Pid Pid	1,5	0,0	2,5	2,5	2,0	8,5	0,8	Alto
8	Castro	Castro	Llau Llao	2,0	0,0	3,0	3,0	2,0	10,0	1,0	Muy Alto
9	Chonchi	Huillinco	Pindaco-quitripulli	0,0	0,5	0,0	1,5	1,5	3,5	0,4	Bajo
10	Dalcahue	Castro	Astillero-Punahuel	2,0	1,0	1,0	2,5	2,0	8,5	0,8	Alto
11	Queilen	Quellón	Queilen	2,0	1,0	3,0	2,5	2,0	10,5	1,0	Muy Alto
12	Quellón	Quellón	Auchac	1,5	1,5	0,5	3,0	1,5	8,0	0,6	Medio
13	Quellón	Quellón	San Antonio y Oqueldán	1,5	0,0	2,5	3,0	2,5	9,5	1,0	Muy Alto
14	Quellón	Huillinco	Río Llolle	0,0	0,5	0,0	1,0	1,5	3,0	0,2	Muy Bajo
15	Quellón	Huillinco	Quilén	0,0	1,5	0,0	0,5	0,5	2,5	0,2	Muy Bajo

Tabla 59. Resultados de capacidad adaptativa por subindicador, e indicador de Capacidad Adaptativa (CA). Fuente: elaboración propia

Nota:

(1) **CA1**= Incorporación de tecnologías de gestión y control; **CA2**= Proyección y compromiso institucional para el fortalecimiento de la infraestructura del Servicio Sanitario Rural; **CA3**= Sistemas de respaldo energético; **CA4**= Diversificación de fuentes de financiamiento; **CA5**= Gestión ambiental del entorno y/o protección de fuentes.

(2) **C.A.T.** = Capacidad Adaptativa Total (Indicador de C.A.).

Los resultados del indicador de capacidad adaptativa evidencian una alta heterogeneidad entre los SSR (Tabla 59), explicada por diferencias marcadas en los subindicadores asociados a la gestión, el financiamiento, el respaldo energético y la planificación institucional. En los sistemas con capacidad adaptativa Muy Baja (Rilan, Río Llolle y Quilén), se observa una concurrencia de déficits en la incorporación de tecnologías de gestión (CA1), la ausencia de sistemas de respaldo energético (CA3) y la escasa diversificación de fuentes de financiamiento (CA4), lo que limita severamente su capacidad de respuesta frente a interrupciones del servicio o eventos climáticos extremos.

En contraste, los SSR con capacidad adaptativa Muy Alta (Llau Llao, Queilen y Villa Corcovado) presentan valores elevados en diversificación del financiamiento, gestión ambiental del entorno y disponibilidad de respaldo energético, lo que refleja estructuras organizacionales más robustas y una mayor articulación institucional. Los sistemas clasificados en niveles medios concentran combinaciones intermedias, donde avances parciales en financiamiento o gestión ambiental no siempre se acompañan de fortalecimiento tecnológico o energético, generando capacidades adaptativas incompletas. En este contexto, destaca que las brechas más persistentes se concentran en CA1 y CA3, subindicadores críticos para la adaptación operativa, cuya ausencia incrementa directamente la vulnerabilidad del sistema al incidir negativamente en la razón entre la sensibilidad y la capacidad adaptativa.

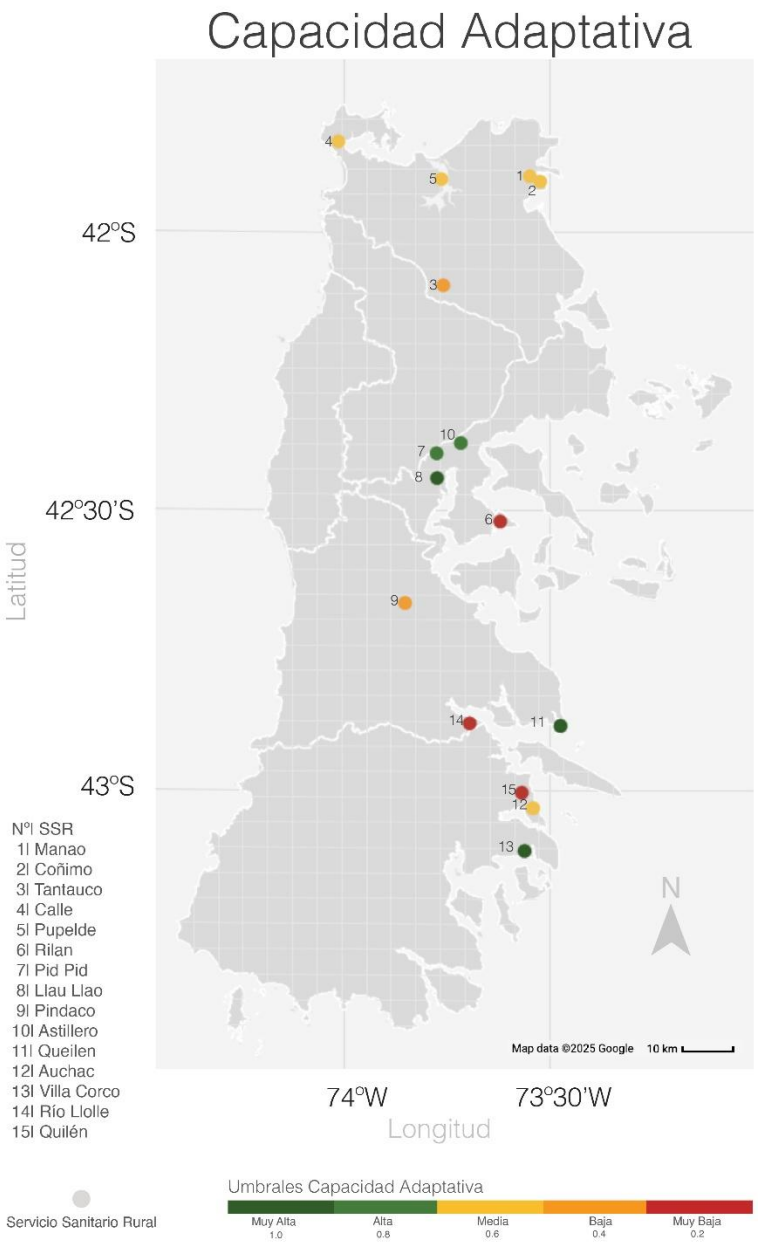


Figura 85. Mapa de Capacidad adaptativa. Elaboración propia.

El análisis del indicador de capacidad adaptativa, complementado con su representación espacial, muestran una alta heterogeneidad entre los Sistemas Sanitarios Rurales, tanto en términos de desempeño interno como de distribución territorial. Los SSR con capacidad

adaptativa Muy Baja, como Rilan, Río Llolle y Quilén, concentran déficits críticos en subindicadores clave para la adaptación operativa, particularmente en la incorporación de tecnologías de gestión, la disponibilidad de respaldo energético y la diversificación de fuentes de financiamiento, lo que limita severamente su capacidad de respuesta frente a interrupciones del servicio o eventos climáticos extremos.

Desde una perspectiva espacial, estos sistemas se distribuyen de manera dispersa en el territorio, sin un patrón geográfico continuo, lo que refuerza la idea de que la baja capacidad adaptativa responde principalmente a debilidades organizacionales y de gestión más que a condicionantes territoriales comunes. En contraste, los SSR con capacidad adaptativa Muy Alta y Alta, como Llau Llao, Queilen y Villa Corcovado, muestran configuraciones internas más robustas, asociadas a una mayor articulación institucional, mejor gestión ambiental del entorno y disponibilidad de respaldo energético, lo que se traduce en una mayor resiliencia operativa, independientemente de su localización.

Los sistemas clasificados en niveles intermedios presentan combinaciones parciales de avances y rezagos, configurando capacidades adaptativas incompletas. En conjunto, estos resultados confirman que la capacidad adaptativa actúa como un factor clave en la reducción de la vulnerabilidad, y que las brechas más persistentes, especialmente en tecnología de gestión y respaldo energético, amplifican directamente la relación entre sensibilidad y capacidad adaptativa, constituyéndose en focos prioritarios para la intervención y el fortalecimiento de los SSR.

5.3.2.5 ÍNDICE DE VULNERABILIDAD

El indicador de vulnerabilidad evalúa la capacidad estructural, operativa e institucional de cada Servicio Sanitario Rural (SSR) para sostener la cantidad, la continuidad y la calidad del suministro frente a condiciones climáticas adversas y variaciones en la demanda.

Es importante destacar que este indicador se determina en función de los indicadores de Sensibilidad (S) y Capacidad Adaptativa (CA), a través de la siguiente expresión:

Ec. 9

$$V = \frac{S}{CA}$$

Una vez obteniendo los resultados, son caracterizados de acuerdo a:

Figura 86. Interpretación del nivel de vulnerabilidad de cada SSR. Fuente: elaboración propia

Rango de Valores	Valor Normalizado	Interpretación
0,38 - 0,54	0,2	Muy Bajo
0,61 - 0,83	0,4	Bajo
0,83 - 1,16	0,6	Medio
1,75 - 2,11	0,8	Alto
2,27 - 3,60	1	Muy Alto

En consecuencia, a continuación, se presentan los niveles de vulnerabilidad por SSR, derivados de las cuantificaciones obtenidas en los apartados D) y E).

Tabla 66. Resultados de los indicadores de Sensibilidad (S), Capacidad Adaptativa (CA) y Vulnerabilidad (V). Fuente: elaboración propia

N°	Comuna	SHAC	Nombre comité	S.T.	C.A.T.	valor fracción35F[33]	normalización	Nivel de V
1	Ancud	Ancud	Manao	7,00	8,00	0,88	0,6	Medio
2	Ancud	Ancud	Coñimo	14,40	8,00	1,80	0,8	Alto
3	Ancud	Ancud	Tantauco	7,00	4,00	1,75	0,8	Alto
4	Ancud	Ancud	Calle	5,40	6,50	0,83	0,4	Bajo
5	Ancud	Ancud	Pupelde	6,40	5,50	1,16	0,6	Medio
6	Castro	Castro	Rilan	6,80	3,00	2,27	1,0	Muy Alto
7	Castro	Castro	Pid Pid	4,60	8,50	0,54	0,2	Muy Bajo
8	Castro	Castro	Llau Llao	3,80	10,00	0,38	0,2	Muy Bajo
9	Chonchi	Huillinco	Pindaco-quitripulli	7,40	3,50	2,11	0,8	Alto
10	Dalcahue	Castro	Astillero-Punahuel	5,60	8,50	0,66	0,4	Bajo
11	Queilen	Quellon	Queilen	5,40	10,50	0,51	0,2	Muy Bajo
12	Quellón	Quellon	Auchac	6,60	8,00	0,83	0,4	Bajo
13	Quellón	Quellon	San Antonio y Oqueldán	5,80	9,50	0,61	0,4	Bajo
14	Quellón	Huillinco	Río Llolle	7,80	3,00	2,60	1,0	Muy Alto
15	Quellón	Huillinco	Quilén	9,00	2,50	3,60	1,0	Muy Alto

Nota: S.T.= Sensibilidad Total (Indicador de S); C.A.T.=Capacidad Adaptativa Total (Indicador de CA)

[33] Resultado a partir de la ecuación 9.

Los resultados del indicador de vulnerabilidad (V) evidencian que esta se encuentra fuertemente determinada por la relación entre una sensibilidad elevada y una capacidad adaptativa limitada, más que por valores absolutos de sensibilidad elevados por sí solos. Los casos de vulnerabilidad Muy Alta, como Quilén, Río Llolle y Rilan, presentan fracciones superiores a 2,0, explicadas por una combinación crítica de sensibilidades altas o medias-altas con capacidades adaptativas muy reducidas, lo que amplifica significativamente su condición de riesgo. En contraste, sistemas como Llau Llao y Pid Pid, aun presentando niveles no despreciables de sensibilidad, alcanzan vulnerabilidades muy bajas debido a capacidades adaptativas elevadas, asociadas al respaldo energético, la diversificación de financiamiento y el fortalecimiento organizacional.

Los SSR clasificados con vulnerabilidad alta (Coñimo, Tantauco y Pindaco-quitripulli) reflejan escenarios intermedios en los que una capacidad adaptativa insuficiente no logra compensar las presiones estructurales y territoriales relevantes. Asimismo, los sistemas con vulnerabilidad baja o media muestran fracciones cercanas o inferiores a la unidad, lo que indica un equilibrio relativo entre sensibilidad y capacidad adaptativa, aunque aún con riesgos latentes frente a escenarios de estrés hídrico o eventos extremos. En términos territoriales, se observa una mayor concentración de vulnerabilidades elevadas en SSR con menor desarrollo institucional y menor acceso a mecanismos de apoyo técnico y financiero, particularmente en áreas más aisladas.

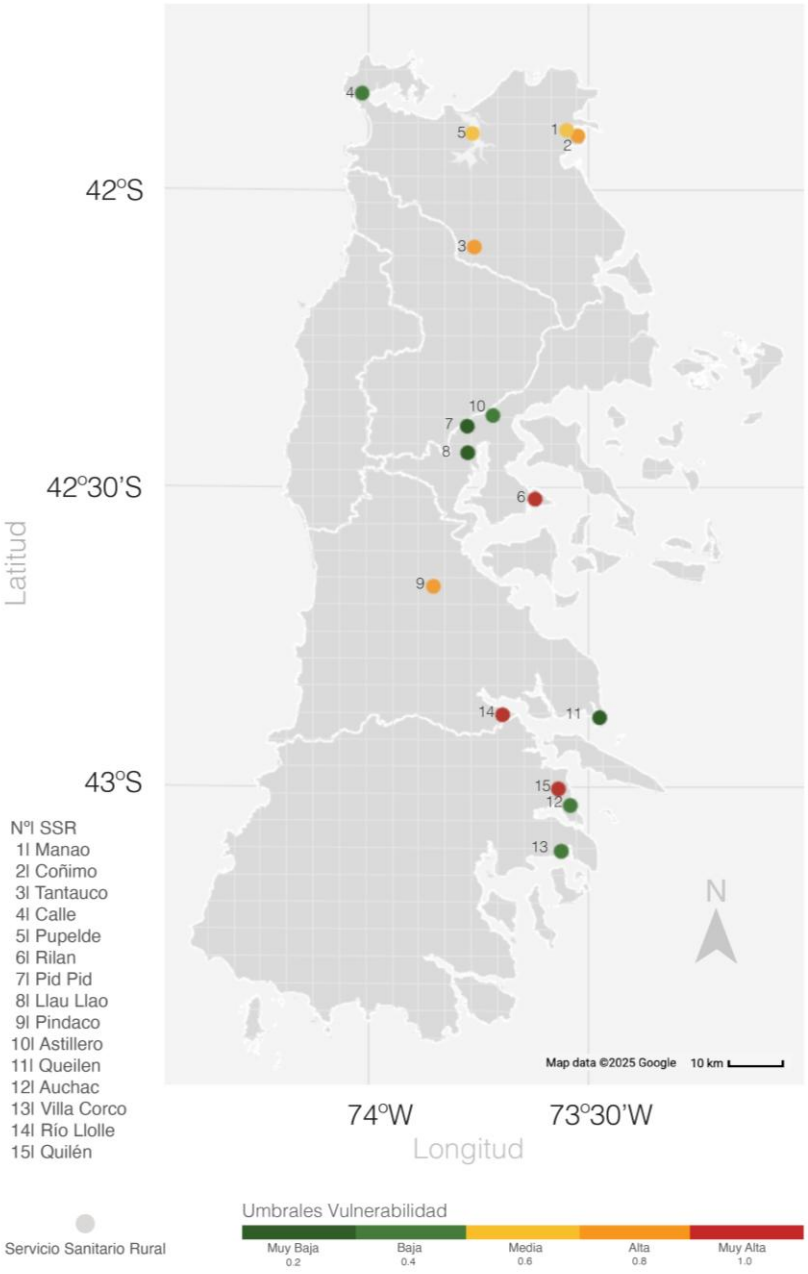


Figura 87. Mapa de Capacidad adaptativa. Elaboración propia.

Los resultados del indicador de vulnerabilidad (V) muestran que el nivel de riesgo de los Sistemas Sanitarios Rurales no depende únicamente de cuán sensibles sean, sino fundamentalmente de su capacidad para compensar dicha sensibilidad mediante mecanismos de adaptación. En este sentido, sistemas con niveles similares de sensibilidad pueden presentar vulnerabilidades muy distintas, dependiendo de la fortaleza o debilidad de su capacidad adaptativa, la cual actúa como un factor clave que amplifica o atenúa la vulnerabilidad resultante. Los SSR clasificados con vulnerabilidad Muy Alta, como Quilén, Río Llolle y Rilan, presentan valores elevados del indicador debido a la concurrencia de sensibilidades medias a altas con capacidades adaptativas muy reducidas, lo que intensifica de manera significativa su condición de riesgo.

En contraste, sistemas como Llau Llao y Pid Pid alcanzan niveles de vulnerabilidad Muy Baja, aun cuando exhiben presiones estructurales relevantes, gracias a capacidades adaptativas sólidas asociadas a respaldo energético, diversificación de financiamiento y fortalecimiento organizacional. Los SSR con vulnerabilidad Alta, entre ellos Coñimo, Tantauco y Pindaco-quitripulli, reflejan situaciones intermedias en las que la capacidad adaptativa resulta insuficiente para compensar las presiones técnicas y territoriales existentes. Aquellos sistemas con vulnerabilidad Baja o Media muestran un equilibrio relativo entre sensibilidad y capacidad adaptativa, aunque mantienen riesgos latentes frente a escenarios de estrés hídrico o eventos extremos.

Desde una perspectiva territorial, el mapa evidencia que las vulnerabilidades más elevadas tienden a concentrarse en SSR con menor desarrollo institucional y menor acceso a mecanismos de apoyo técnico y financiero, particularmente en sectores más aislados. En conjunto, el análisis integrado confirma que la capacidad adaptativa cumple un rol decisivo en la modulación de la vulnerabilidad, pudiendo atenuar o amplificar los efectos de la sensibilidad, y permite identificar con claridad los casos prioritarios de intervención, orientando la implementación de medidas de adaptación diferenciadas según el perfil y contexto de cada SSR.

5.3.2.6 RESULTADOS DE RIESGO

A partir de los datos integrados en las tablas finales de Amenaza, Exposición, Vulnerabilidad y Riesgo, se puede realizar un análisis sistémico del comportamiento de los Servicios Sanitarios Rurales (SSR).

Tabla 60. Resultados de nivel de riesgo para las SSR. Fuente: elaboración propia

Nº	Comuna	SHAC	Nombre comité	Amenaza	Exposición	Vulnerabilidad	Riesgo Anual	Riesgo Estival
1	Ancud	Ancud	Manao	0,59	0,2	0,60	0,46	0,48
2	Ancud	Ancud	Coñimo	0,59	0,6	0,80	0,68	0,70
3	Ancud	Ancud	Tantauco	0,59	0,8	0,80	0,75	0,77
4	Ancud	Ancud	Calle	0,59	0,6	0,40	0,52	0,54
5	Ancud	Ancud	Pupelde	0,59	0,2	0,60	0,46	0,48
6	Castro	Castro	Rilan	0,51	0,4	1,00	0,67	0,69
7	Castro	Castro	Pid Pid	0,51	1,0	0,20	0,56	0,58
8	Castro	Castro	Llau Llao	0,51	0,8	0,20	0,49	0,51
9	Chonchi	Huillinco	Pindaco-quitripulli	0,51	0,6	0,80	0,66	0,68
10	Dalcahue	Castro	Astillero-Punahuel	0,51	0,8	0,40	0,57	0,59
11	Queilen	Quellon	Queilen	0,51	0,2	0,20	0,28	0,30
12	Quellón	Quellon	Auchac	0,51	0,2	0,40	0,36	0,38
13	Quellón	Quellon	Villa Corcovado San Antonio y Oqueldán	0,51	0,2	0,40	0,36	0,38
14	Quellón	Huillinco	Río Llolle	0,51	0,4	1,00	0,67	0,69
15	Quellón	Huillinco	Quilén	0,51	0,6	1,00	0,74	0,76

El análisis del nivel de Riesgo evidencia una variabilidad significativa entre los SSR evaluados, con valores que oscilan entre 0,28 (Riesgo Bajo) y 0,75 (Riesgo Alto). Dado que la amenaza climática presenta valores relativamente homogéneos por territorio (0,59 en Ancud y 0,51 en el resto de las comunas), las diferencias observadas en el riesgo se explican principalmente por la combinación de exposición y vulnerabilidad.

Los niveles de riesgo más altos se concentran en sistemas como Tantauco (0,75), Quilén (0,74), Coñimo (0,68), Rilan (0,67) y Río Llolle (0,67). En estos casos, el riesgo elevado surge de la concurrencia de exposición media a alta (0,4–0,8) con vulnerabilidades altas o muy altas (0,8–1,0). Este patrón confirma que, incluso ante amenazas climáticas similares, la intensificación del riesgo responde a la incapacidad del sistema para absorber o responder adecuadamente a los impactos, especialmente en SSR con debilidades estructurales, organizacionales o de respaldo operativo.

Por otro lado, sistemas como Pid Pid (0,56) y Llau Llao (0,49) presentan riesgos medios, pese a exhibir exposiciones elevadas (1,0 y 0,8, respectivamente). En estos casos, la baja vulnerabilidad (0,20) actúa como amortiguador, reduciendo el riesgo final. Esto refuerza el rol clave de la capacidad adaptativa y del fortalecimiento institucional en la gestión del riesgo, incluso en contextos de alta presión territorial o climática.

En el extremo inferior, SSR como Queilen (0,28), Auchac (0,36) y Villa Corcovado–San Antonio–Oqueldán (0,36) muestran riesgos bajos, asociados a combinaciones de baja exposición (0,2) y vulnerabilidades bajas a medias (0,2–0,4). Estos sistemas, aun estando sujetos a la misma amenaza regional, presentan una menor probabilidad de experimentar impactos críticos, al menos bajo las condiciones actuales.

Desde una perspectiva territorial, se observa que los riesgos más elevados tienden a concentrarse en SSR con mayores niveles de aislamiento, menor acceso a apoyo técnico y menor robustez organizacional, particularmente en los sectores rurales de Ancud, Castro y Huillinco–Quellón. Ello sugiere que el riesgo no responde únicamente a factores climáticos, sino a un aspecto hidrosocial que condiciona la exposición efectiva y la capacidad de respuesta de los sistemas.

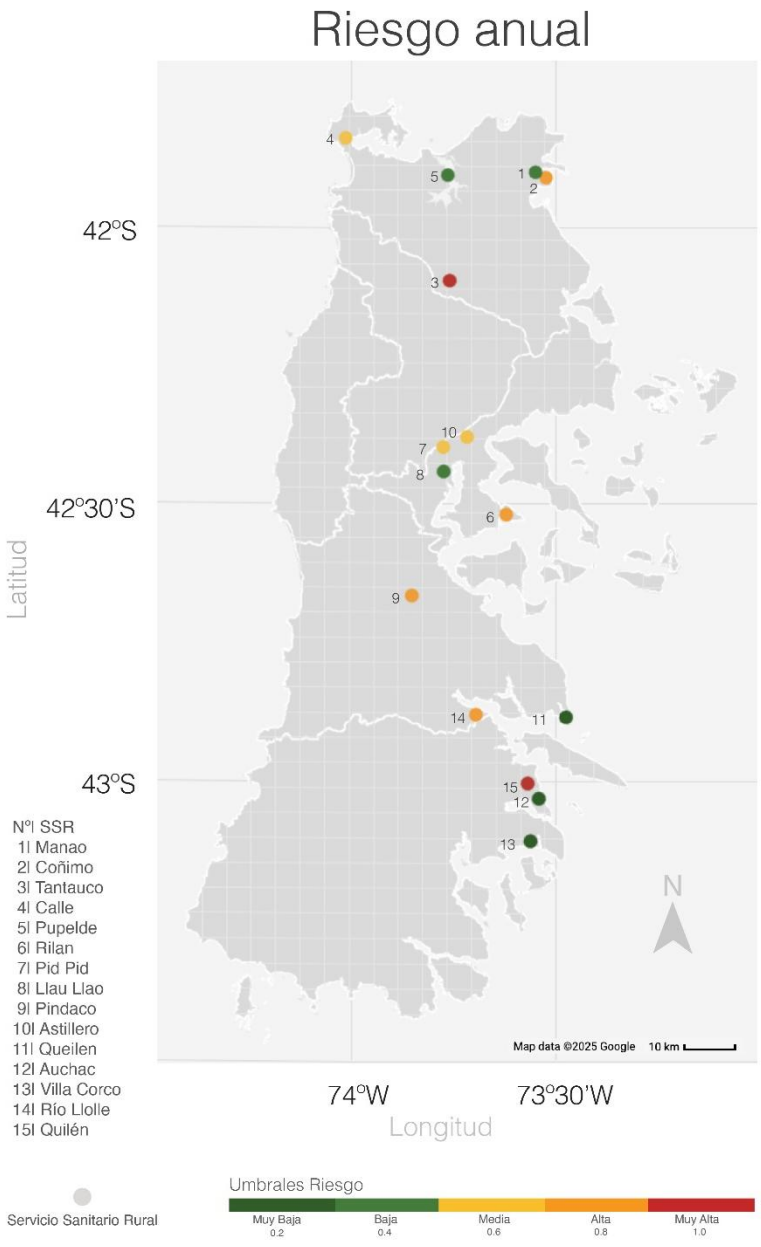


Figura 88. Resultados del nivel de riesgo climático asociado a las SSR incluidas en el estudio. Fuente: elaboración propia
***Nota**: Para el análisis del riesgo se consideró la amenaza climática anual.*

El análisis espacial del riesgo climático en los Servicios Sanitarios Rurales (SSR) de la Isla Grande de Chiloé evidencia una distribución heterogénea, tanto a nivel comunal como intracomunal, confirmando que el riesgo no responde únicamente a la amenaza climática, relativamente homogénea dentro de cada comuna, sino a la combinación diferenciada de exposición y vulnerabilidad de cada sistema. En la comuna de Ancud, los SSR de Tantauco y Coñimo concentran los niveles de riesgo más elevados, asociados a valores altos de exposición y vulnerabilidad, mientras que Manao y Pupelde presentan riesgos moderados, explicados por menores niveles de exposición pese a una vulnerabilidad comparable. El caso de Calle muestra un riesgo intermedio, reflejando una vulnerabilidad menor que atenúa parcialmente la presión ejercida por la exposición.
En Castro, se observa una marcada diferenciación entre SSR: Rilán presenta un riesgo elevado, impulsado principalmente por una vulnerabilidad máxima, mientras que Pid Pid y Llau Llao, a pesar de exhibir altos niveles de exposición, mantienen riesgos moderados debido a su baja vulnerabilidad relativa. Esta configuración refuerza la idea de que la capacidad adaptativa juega un rol clave en la modulación del riesgo final, incluso en contextos de alta exposición territorial.

En Chonchi, el SSR Pindaco–Quitripulli alcanza un riesgo alto, resultado de la concurrencia de una exposición media-alta y una vulnerabilidad elevada, situándolo entre los sistemas más sensibles frente a escenarios de estrés hídrico. En Dalcahue, Astillero–Punahuel presenta un riesgo medio-alto, consistente con niveles altos de exposición combinados con una vulnerabilidad intermedia, lo que lo posiciona como un sistema potencialmente crítico bajo escenarios de intensificación climática.

Finalmente, en las comunas del sur de la isla, se identifican contrastes relevantes. En Queilen, el SSR homónimo presenta el riesgo más bajo del conjunto, explicado por valores reducidos tanto de exposición como de vulnerabilidad. En Quellón, en cambio, los SSR Río Llolle y Quilén destacan por registrar riesgos altos, determinados principalmente por niveles máximos de vulnerabilidad, mientras que Auchac y Villa Corcovado–San Antonio y Oqueldán exhiben riesgos moderados, coherentes con su menor exposición relativa. Esta variabilidad intracomunal pone de manifiesto que las estrategias de gestión y adaptación deben ser diseñadas a escala local, evitando aproximaciones homogéneas por comuna.

Ahora bien, al realizar una comparación entre el riesgo anual y el riesgo estimado para el período estival (octubre–marzo) se presenta un incremento sistemático y consistente en la totalidad de los SSR analizados, con un aumento aproximado de dos centésimas (≈0,02) en

los valores de riesgo. Si bien este incremento absoluto puede considerarse moderado, su carácter homogéneo resulta significativo, ya que refleja una intensificación generalizada de las condiciones de amenaza asociadas a mayores temperaturas y estrés hídrico durante los meses estivales. Este comportamiento confirma que el análisis basado exclusivamente en promedios anuales tiende a suavizar o subestimar situaciones críticas que se concentran temporalmente, particularmente en sistemas que ya se encuentran próximos a umbrales altos de riesgo.

En conjunto, los resultados evidencian que el riesgo climático de los SSR en Chiloé está fuertemente condicionado por la interacción entre exposición y vulnerabilidad, más que por la amenaza climática considerada de manera aislada. La diferenciación espacial observada, tanto entre comunas como entre SSR dentro de una misma comuna, subraya la necesidad de enfoques de gestión territorialmente específicos. Asimismo, la comparación entre riesgo anual y estival pone de relieve la importancia de incorporar análisis estacionales en la planificación y toma de decisiones, ya que los períodos de mayor temperatura concentran condiciones que pueden tensionar significativamente la seguridad hídrica de los sistemas rurales.

5.4 BRECHAS ASOCIADAS A COMPONENTES ESTRUCTURALES

Para la elaboración de un catálogo de soluciones estructurales, se ha realizado un análisis exhaustivo de las brechas identificadas en terreno y su relación con atributos (tanto de las instalaciones de los SSR como del entorno) que determinan la cantidad, calidad y continuidad del suministro de agua y del saneamiento. A partir de antecedentes levantados en terreno, se agrupan las brechas según estos tres atributos del suministro de agua y del saneamiento. Se trabajaron cuatro grupos de soluciones, desarrollando sus respectivos componentes estructurales y vinculando cada uno de ellos a las distintas etapas definidas en el manual de operaciones de los SSR (

Figura 89)

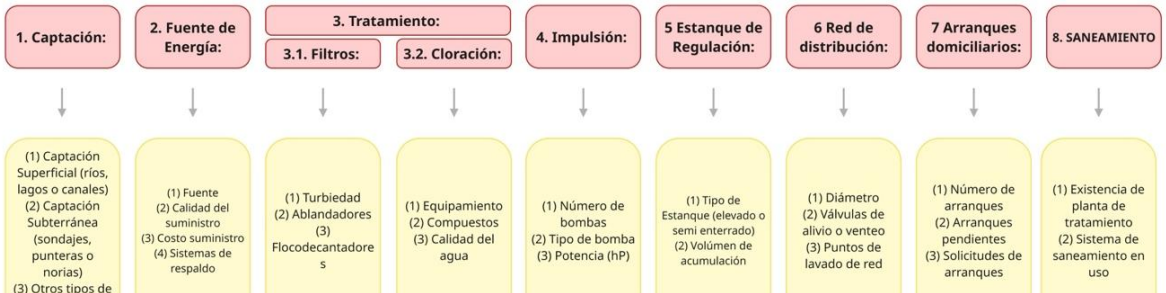


Figura 89. Componentes estructurales de los SSR. Elaboración Propia.

Tabla 61. Síntesis agrupación de problemáticas identificadas a lo largo de dimensiones del servicio (continuidad, cantidad y calidad del suministro) - Elaboración Propia

ATRIBUTO DEL SUMINISTRO SEGÚN AGRUPAMIENTO	BRECHAS ESTRUCTURALES Y AMBIENTALES
(A) CANTIDAD SUMINISTRO	<u>(A.1) Captación</u> • **(A.1.1)** Captación insuficiente para la demanda estival (disponibilidad de agua según los derechos de aprovechamiento de agua o la fuente). • **(A.1.2)** Captaciones particulares (no normadas) para atender las necesidades de agua individuales (podrían generar un desequilibrio hídrico en las fuentes subterráneas). • **(A.1.3)** Infraestructura asociada al punto de captación (impulsión o acumulación, según la fuente) insuficiente durante periodos de alta demanda. <u>(A.5) Estanques de Regulación</u> • **(A.5.1)** Capacidad o número de estanques insuficientes, esto implica que funcionan como estanques de paso, y no ofrecen autonomía al sistema. <u>(A.7) Red de Distribución</u> • **(A.7.1)** Elevados porcentajes de pérdida de agua en redes por infraestructura en mal estado. <u>(A.8) Arranques domiciliarios</u> • **(A.8.1)** La existencia de arranques informales —y de usuarios secundarios— representa una merma en la disponibilidad de agua, así como en la capacidad de control y registro de las directivas de los SSR. • **(A.8.2)** Falta de sistemas de medición y fiscalización del uso del agua potable con fines que exceden los permitidos por la Ley 20.998.
(B) CALIDAD SUMINISTRO	<u>(B.1) Captación</u> • **(B.1.1)** No se cumplen los estándares mínimos de calidad del agua, producto de la turbiedad en fuentes superficiales, producto de periodos secos y lluvias (ej: Coñimó, Manao, Calle y Pupelde).

ATRIBUTO DEL SUMINISTRO SEGÚN AGRUPAMIENTO	BRECHAS ESTRUCTURALES Y AMBIENTALES
	• **(B.1.2)** No se cumplen los estándares mínimos de calidad del agua por afloramiento de algas en fuentes de captación superficial (ej: Queilén). • **(B.1.3)** No se cumplen los estándares mínimos de calidad del agua por altas concentraciones de fierro y la presencia de la bacteria del fierro en captaciones subterráneas (ej: Castro). • **(B.1.4)** No se cumplen los estándares mínimos de calidad del agua producto de intrusión salina en captaciones subterráneas próximas al mar (ej. Queilén). • **(B.1.5)** No se cumplen los estándares mínimos de calidad del agua producto de la cercanía de pozos negros a los puntos de captación subterráneas. **(B.2) Fuente de Energía** • **(B.2.1)** Las intermitencias en el suministro eléctrico y las fallas que ello pudiera generar sobre la infraestructura del SSR podrían afectar la calidad del agua, en tanto se interrumpen los procesos de tratamiento físico (3.1) y químico (3.2). **(B.3) Tratamiento** • **(B.3.1.1)** Fallas en el sistema de filtros y sistema de cloración por falta de mantenimiento o renovación oportuna de equipos e insumos. • **(B.3.2.1)** Inconsistencias en los procesos de cloración provocan el deterioro de la calidad del agua (ej.: Pupelde).
(C) CONTINUIDAD SUMINISTRO	**(C.1) Captación** • **(C.1.1)** Fuentes que se ven mermadas durante la época estival, teniendo que recurrir a otras fuentes de captación (subterráneas), o camiones aljibe, lo que pone en riesgo la continuidad del suministro (ej: Coñimó y Pindaco – Quitripulli). **(C.2) Fuente de Energía** • **(C.2.1)** Es recurrente la situación de cortes de luz o variaciones de voltaje en la red, lo que ocasiona problemas técnicos en los equipos de impulsión (tableros de control). Son pocos los SSR que cuentan con sistemas de respaldo (generadores) y de regulación de voltaje. **(C.3) Tratamiento** • **(C.3.1)** Se han reportado ciertos cortes de suministro a partir de los reportes de calidad del agua a la autoridad sanitaria, los cuales se deben fundamentalmente a altos niveles de fierro, presencia de la bacteria del fierro u otros agentes (coliformes) que podrían representar una amenaza para la salud de los usuarios. En muchos casos, se trata de problemas técnicos o de

ATRIBUTO DEL SUMINISTRO SEGÚN AGRUPAMIENTO	BRECHAS ESTRUCTURALES Y AMBIENTALES
	mantención en filtros, así como de problemas de suministro de insumos para el proceso de cloración. <u>(C.4) Impulsión</u> • **(C.4.1)** Falla en los sistemas de impulsión (principalmente causada por una manipulación incorrecta), por variaciones de voltaje o microcortes, o bien por el estado de obsolescencia de los equipos. • **(C.4.2)** Falla en los sistemas de impulsión debida a la baja capacidad de los estanques de acumulación, lo que implica que los equipos permanezcan en funcionamiento durante largos periodos, acortando así su vida útil. • **(C.4.3)** Problemas de presión debidos a la subestimación de la tasa de crecimiento de las comunidades que abastecen los SSR. <u>(C.5) Estanque de regulación</u> • **(C.5.1)** Capacidad de acumulación insuficiente para asegurar la continuidad del suministro de agua en el sistema. <u>(C.6) Red de distribución</u> • **(C.6.1)** Se reportan pérdidas considerables (*"…en algunos casos llegando al 70%…"*; según el representante de la SISS) debido a la antigüedad de las redes y al uso irregular de agua. • **(C.6.2)** Producto de las heladas, se han reportado roturas de cañerías en tramos expuestos. <u>(C.7) Arranques domiciliarios</u> • **(C.7.1)** Se reportan episodios de heladas más intensas y frecuentes, lo que ha provocado numerosas fallas por congelamiento de los medidores.
(D) SANEAMIENTO	• **(D.1)** Independientemente de la existencia de plantas de tratamiento, a la fecha hay un número considerable de fosas sépticas particulares y pozos negros, lo que representa una amenaza sanitaria y ambiental. • **(D.2)** Si bien se han entregado plantas de tratamiento de aguas servidas (ej.: Rilán y Llau Llao), estas implican complejidades operativas y costos que los SSR no pueden solventar, implicando limitaciones en el funcionamiento. • **(D.3)** No hay conocimiento local suficiente sobre la implementación y la operación de plantas de tratamiento.

5.5 BRECHAS ASOCIADAS A COMPONENTES NO ESTRUCTURALES.

Para la elaboración de soluciones no estructurales, se ha trabajado en un análisis exhaustivo de las brechas identificadas en terreno y su relación con dimensiones temáticas vinculadas a la administración, la gestión, la normativa y el contexto ambiental, así como con sus respectivas condicionantes no estructurales (Tabla 62). Las dimensiones temáticas consideradas son el "Fortalecimiento de Capacidades Locales", "Resiliencia y Sostenibilidad Ambiental", "Gestión, Administración y Sostenibilidad Económica" y, "Productividad Social e Impacto Local".

Tabla 62. Detalle de las problemáticas identificadas en relación con las componentes no estructurales. Fuente: elaboración Propia

DIMENSIÓN TEMÁTICA PARA AGRUPAMIENTO	CONDICIONES NO ESTRUCTURALES
(E) FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES LOCALES	<u>(E.1) Poca continuidad entre administraciones, lo que dificulta el traspaso de conocimiento y buenas prácticas.</u> • **(E.1.1)** No hay traspaso efectivo entre directorios de distintos periodos. • **(E.1.2)** Dificultad para la renovación de directorio. • **(E.1.3)** Trabajo ad honorem, de gran responsabilidad y demanda de tiempo. <u>(E.2) Poca participación de la comunidad en temas relacionados con la gestión de la directiva del SSR. Esto dificulta una gestión eficiente y responsable del recurso hídrico, y no permite tener una capacidad de respuesta efectiva frente a dificultades.</u> • **(E.2.1)** Poca participación de los socios en las asambleas. • **(E.2.2.)** Falta de involucramiento de la comunidad en la gestión del agua. • **(E.2.3.)** Pocos voluntarios para asumir cargos. • **(E.2.4.)** Falta de interés de los jóvenes en involucrarse en actividades de los SSR. <u>(E.3) Falta de capacidades instaladas para la operación y el mantenimiento preventivo de la infraestructura.</u> • **(E.3.1)** Baja implementación de programas y aplicaciones para el seguimiento del cobro y del consumo de agua potable. • **(E.3.2)** Los operadores no están capacitados para el uso de maquinaria como generadores. • **(E.3.3)** Escasa articulación entre los SSR como mecanismo para promover el desarrollo de capacidades instaladas. • **(E.3.4.)** El aislamiento geográfico y la falta de conectividad no favorecen la participación de los miembros del comité en capacitaciones u otras instancias de colaboración. <u>(E.4) Desconocimiento o falta de aplicación de las disposiciones de la Ley 20.998 y de su reglamento de operacionalización.</u>

DIMENSIÓN TEMÁTICA PARA AGRUPAMIENTO	CONDICIONES NO ESTRUCTURALES
	• **(E.4.1)** SSR que no tienen o no están al tanto de su licencia vigente y/o de su DAA regularizada. • **(E.4.2)** SSR cuya administración posee nociones erróneas sobre la aplicación de la Ley.
(F) RESILIENCIA Y SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL	<u>(F.1) Uso de agua potable en actividades no domiciliarias (riego o ganadería).</u> • **(F.1.1)** Uso de agua potable en actividades no domiciliarias (riego, ganadería, piscinas). <u>(F.2) Bajo nivel de educación y de sensibilización en torno al valor del agua y a la protección de su entorno.</u> • **F.2.1** Reforestación con eucaliptos. • **F.2.2** Bajo nivel de educación y de sensibilización en torno al valor del agua y de sus fuentes. • **F.2.3** Bajo nivel de educación y de sensibilización en torno a la protección del entorno. • **F.2.4** Tala de árboles nativos y extracción del pompón. • **F.2.5** Vertimiento de aguas residuales en cursos de agua. • **F.2.6** Escurrimiento de aguas residuales.
(G) GESTIÓN, ADMINISTRACIÓN Y SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA	<u>(G.1) Desconocimiento de instrumentos administrativos.</u> • **(G.1.1)** Impedimento para acceder a la cuenta bancaria por discontinuidad entre periodos administrativos. • **(G.1.2)** Escasa articulación entre los SSR. • **(G.1.3)** Aislamiento geográfico. <u>(G.2) Ausencia de capacitación financiera.</u> • **(G.2.1)** La tarifa adoptada apenas alcanza a cubrir los gastos mensuales. • **(G.2.2)** Dificultades para lograr que los socios paguen por el servicio. • **(G.2.3)** Dependencia de una única fuente de financiamiento. <u>(G.3) Escasa participación de los SSR en la licitación y la implementación de proyectos.</u> • **(G.3.1)** Desconocimiento de estrategias para postular a fondos.
(H) PRODUCTIVIDAD SOCIAL E IMPACTO LOCAL	<u>(H.1) No se ha incorporado a la administración de los SSR una perspectiva económica que permita potenciar las actividades productivas y mejorar el bienestar social. Se debe considerar que toda actividad económica que se lleve a cabo por el comité, deberá cumplir con las disposiciones de la Ley del Servicio de Impuestos Internos, y con la condición de responder a mejorar la gestión del SSR y no perseguir el lucro de las personas.</u> • **(H.1.1)** Dificultad para identificar posibles fuentes de financiamiento sustentables en el tiempo para la implementación de mejoras, como, por ejemplo, plantas de tratamiento. • **(H.1.2)** Poca vinculación entre la cobertura de los sistemas de agua potable y el fomento de actividades productivas, como el turismo.

5.6 CATÁLOGO DE MEDIDAS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES

A partir de las brechas que han sido identificadas por medio de un trabajo participativo con los comités de SSR y de los indicadores de vulnerabilidad y riesgo climático, se ha identificado una serie de medidas que pretenden acortar las brechas en materia de adaptación al Cambio Climático. Cabe señalar que estas propuestas de medidas son de carácter indicativo y que tanto las medidas estructurales como las no estructurales apuntan a mejorar la gestión comunitaria del agua y las capacidades de adaptación al cambio climático.

Cabe señalar la importancia de comprender la complementariedad de las medidas estructurales y no estructurales para poder generar los cambios y contribuir a una mejora en el funcionamiento de los SSR y de sus capacidades de adaptación al Cambio Climático.

La presente propuesta de medidas es producto de un proceso participativo, en el que tanto las instituciones vinculadas como las directivas de los SSR del área de estudio fueron consultadas sobre la pertinencia de las propuestas presentadas. A su vez, se propusieron nuevas medidas y se jerarquizaron mediante un taller en terreno realizado en las localidades de Ancud, Castro y Quellón.

A continuación, se detallan las medidas propuestas:

5.6.1 MEDIDAS ESTRUCTURALES

Se agruparon las medidas en cuatro clústeres de soluciones, los que se representan en la Tabla 56:

(A) Cantidad de suministro (captación y almacenamiento).
(B) Calidad del suministro (aseguramiento de la potabilidad y control de contaminantes).
(C) Continuidad del suministro (infraestructura y sistemas de transporte).
(D) Saneamiento (procesos y tecnologías para el saneamiento).

Adicionalmente, para la identificación de brechas, se vinculan a los componentes descritos en el manual de operaciones de los SSR, el cual define las siguientes fases:

- Captación

- Fuente de Energía
- Tratamiento (3.1. Tratamiento Mecánico; filtros y 3.2. Tratamiento Químico; proceso de cloración)
- Impulsión
- Estanques de regulación
- Red de Distribución
- Arranques domiciliarios
- Saneamiento

Listado de medidas estructurales

1	**MEJORAMIENTO DE LOS TRANQUES DE CAPTACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES**	
DESCRIPCIÓN	CLUSTER OBJETIVO	BRECHAS
Esta medida apunta a incrementar la capacidad de acumulación de agua en fuentes superficiales, con sistemas de fitorremediación como mecanismo de filtro natural, para asíreducir la presión sobre los sistemas de tratamiento de agua (física y química).	A. Cantidad de suministro B. Calidad de suministro C. Continuidad de suministro	**A.1.1;** Captación insuficiente para la demanda estival (disponibilidad de agua s/ddaa o fuente). **B.1.1;** turbiedad por sedimentos en fuentes superficiales producto de periodos secos y lluvias. **B.3.1:** Fallas en el sistema de filtros y en el sistema de cloración, por falta de mantenimiento o de renovación oportuna de equipos e insumos.
PRIORIDAD	MEDIA	
DISEÑO (HORIZONTE / MESES)	MEDIANO / 8 - 18	
EJECUCIÓN (HORIZONTE / MESES)	LARGO / 18 - 48	
ACTORES INVOLUCRADOS	• Dirección de Obras Hidráulicas (DOH – MOP) • DGA Los Lagos • Gobierno Regional (División Infraestructura) • Municipios (Secplan / Agua) • Empresas de ingeniería (Hidrogestión, IV Ingeniería)	
CASO DE ESTUDIO	NBS Pond Retention/Purification Network (Ficha 2)	
APLICABILIDAD EN SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO	Pindaco, Queilen, Rio Llolle, Quilen y Villa Corcovado	

2	CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS PARA USO DOMICILIARIO	
DESCRIPCIÓN	CLUSTER OBJETIVO	BRECHAS
Con el fin de contribuir a satisfacer la demanda de agua fuera del consumo humano, como, por ejemplo, el riego o el de animales.	A. Cantidad de suministro B. Continuidad de suministro	**A.1.2**: Captaciones particulares para atender las necesidades de agua (podrían generar un desequilibrio hídrico en las fuentes subterráneas). **A.1.3**: Infraestructura asociada al punto de captación (impulsión o acumulación, según

		fuente) insuficiente durante periodos de alta demanda. A.8.1: La existencia de arranques informales — y de usuarios secundarios— representa una merma en la disponibilidad de agua, así como en la capacidad de control y registro de las directivas de los SSR.
PRIORIDAD	BAJA	
DISEÑO (HORIZONTE / MESES)	CORTO / 1 - 4	
EJECUCIÓN (HORIZONTE / MESES)	CORTO / 1 - 9	
ACTORES INVOLUCRADOS	• DOH – MOP • Municipios • Fundación Amulén • Empresas especializadas (Najar / Gessan) • Asociaciones APR	
CASO DE ESTUDIO	Sistema de captación de aguas de lluvia de la Escuela Rural Paraguay. (Ficha 4)	
APLICABILIDAD EN SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO	Coñimo, Tantauco, Pidpid, Llau Llao (Ten Ten), Pindaco-Quitripulli, Queilen, Rio Llolle, Quilen, Auchac y Vila Corcovado.	

3	**SISTEMA DE RESPALDO ELÉCTRICO**	
DESCRIPCIÓN	**CLUSTER OBJETIVO**	**BRECHAS**
Para hacer frente a intermitencias en el suministro eléctrico (generador diésel, energía solar, hidroeléctrica y baterías de acumulación)	A. Cantidad de suministro B. Calidad de suministro C. Continuidad de suministro	B.2.1: Las intermitencias en el suministro eléctrico y las fallas que ello pudiera generar en la infraestructura del SSR podrían afectar la calidad del agua, en tanto se interrumpen los procesos de tratamiento físico (3.1) y químico (3.2). C.2.1: Es una situación recurrente la de los cortes de luz o variaciones de voltaje en la red, lo que ocasiona problemas técnicos en los equipos de impulsión (tableros de control) y pone en riesgo la continuidad del suministro. Son pocos los SSR que cuentan con sistemas de respaldo (generadores) y de regulación de voltaje.
PRIORIDAD	ALTA	
DISEÑO (HORIZONTE / MESES)	CORTO / 1 - 4	
EJECUCIÓN (HORIZONTE / MESES)	CORTO / 1 - 9	
ACTORES INVOLUCRADOS	• Saesa • DOH – MOP • Municipios • CORFO	

	• Empresas técnicas eléctricas
CASO DE ESTUDIO	Integration of smart water management and photovoltaic pumping syste m to supply domestic water for rural communities (Ficha 16)
APLICABILIDAD EN SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO	Calle, Manao, Coñimo, Tantauco, Llau Llao (Ten Ten) y Rilan

4	SISTEMA DE MONITOREO DE CANTIDAD, CALIDAD DEL AGUA Y CONTINUIDAD DE SUMINISTRO	
DESCRIPCIÓN	CLUSTER OBJETIVO	BRECHAS
Con sistema de telemetría, que fortalezcan la capacidad de registro, otorguen autonomía y capacidad de respuesta ágil (ej: Queilén).	A. Cantidad De Suministro B. Calidad De Suministro C. Continuidad De Suministro	**A.1.1;** Captación insuficiente para la demanda estival (disponibilidad de agua s/ddaa o fuente). **A.1.3;** Infraestructura asociada al punto de captación (impulsión o acumulación, según la fuente) insuficiente durante periodos de alta demanda. **B.1.1;** No se cumplen los estándares mínimos de calidad del agua, producto de la turbiedad en fuentes superficiales, producto de periodos secos y lluvias (ej: Coñimó, Manao, Calle y Pupelde). **B.1.2;** No se cumplen los estándares mínimos de calidad del agua por afloramiento de algas en fuentes de captación superficial (ej: Queilén). **B.1.3**; No se cumplen los estándares mínimos de calidad del agua por altas concentraciones de fierro y la presencia de la bacteria del fierro en captaciones subterráneas (ej: Castro). **B.1.4;** No se cumplen los estándares mínimos de calidad del agua debido a intrusión salina en captaciones subterráneas próximas al mar (p. ej. , Queilén). **B.1.5;** No se cumplen los estándares mínimos de calidad del agua debido a la cercanía de pozos negros a los puntos de captación subterráneos. **B.3.1;** fallas en el sistema de filtros y sistema de cloración por falta de mantenimiento o renovación oportuna de equipos e insumos. **C.4.1:** Falla en los sistemas de impulsión (principalmente causada por una manipulación incorrecta), por variaciones de

		voltaje o microcortes, o bien por el estado de obsolescencia de los equipos.
PRIORIDAD	MEDIA	
DISEÑO (HORIZONTE / MESES)	CORTO - MEDIANO / 4 - 10	
EJECUCIÓN (HORIZONTE / MESES)	MEDIANO / 6 - 24	
ACTORES INVOLUCRADOS	• SISS • SEREMI de Salud • DOH – MOP • Inacap / Universidades • Empresas tecnológicas SSR	
CASO DE ESTUDIO	City Wide adaptative telemetry & Pond control water quality (Ficha 3)	
APLICABILIDAD EN SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO	Pindaco, Queilen, Rio Llolle, Quilen, Villa Corcovado, Astillero y Rilan.	

5	**MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE FILTRADO MECÁNICO**	
DESCRIPCIÓN	**CLUSTER OBJETIVO**	**BRECHAS**
Que permita reducir la carga de sedimentos y turbiedad y asegurar lecturas de calidad del agua dentro de los parámetros exigidos por la autoridad de Salud.	B. CALIDAD DE SUMINISTRO	**B.3.1.1;** Turbiedad por sedimentos en fuentes superficiales producto de periodos secos y lluvias (ej: Coñimó, Manao, Calle y Pupelde). **B.3.2.1:** Inconsistencias en los procesos de cloración provocan el deterioro de la calidad del agua (ej.: Pupelde).
PRIORIDAD	BAJO	
DISEÑO (HORIZONTE / MESES)	CORTO - MEDIANO / 4 - 10	
EJECUCIÓN (HORIZONTE / MESES)	MEDIANO / 6 - 24	
ACTORES INVOLUCRADOS	• DOH – MOP • SISS • SEREMI Salud • Empresas sanitarias (Najar, Gessan) • Asociaciones APR	
CASO DE ESTUDIO	**Filtración lenta de arena.** (Ficha 6)	
APLICABILIDAD EN SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO	Pupelde, Astillero, Pindaco, Queilen y Quilen	

6	**EQUIPOS DE REGULACIÓN DE VOLTAJE**	
DESCRIPCIÓN	**CLUSTER OBJETIVO**	**BRECHAS**
Para bombas y tableros de control, para hacer frente a las variaciones de voltaje o a problemas ocasionados por la intermitencia del suministro eléctrico.	B. Calidad De Suministro C. Continuidad De Suministro	**C.2.1:** Es recurrente la situación de cortes de luz o variaciones de voltaje en la red, lo que ocasiona problemas técnicos en los equipos de impulsión (tableros de control) y pone en riesgo la continuidad y la calidad del suministro. Son pocos los SSR que cuentan con sistemas de respaldo (generadores) y de regulación de voltaje.

PRIORIDAD	MEDIA
DISEÑO (HORIZONTE / MESES)	MEDIANO / 8 - 18
EJECUCIÓN (HORIZONTE / MESES)	LARGO / 18 - 48
ACTORES INVOLUCRADOS	• Saesa • DOH – MOP • Municipios • Empresas eléctricas especializadas • Asociaciones APR
CASO DE ESTUDIO	Cómo proteger tus bombas de agua de picos de energía y fluctuaciones eléctricas (Ficha 19)
APLICABILIDAD EN SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO	Todos

7	**MEJORAMIENTO EN SISTEMAS DE IMPULSIÓN**	
DESCRIPCIÓN	**CLUSTER OBJETIVO**	**BRECHAS**
Para asegurar la cantidad y continuidad en el servicio, con la presión requerida por el Art. 42 del Reglamento de la Ley 20.998.	A. CANTIDAD DE SUMINISTRO C. CONTINUIDAD DE SUMINISTRO	**C.4.1;** Falla en los sistemas de impulsión (principalmente causada por una manipulación incorrecta), por las variaciones de voltaje o microcortes, o bien por el estado de obsolescencia de los equipos. **C.4.2**; Falla en los sistemas de impulsión debida a la falta de capacidad de acumulación de agua en los estanques, lo que implica que los equipos estén en funcionamiento durante largos periodos de tiempo, acortando así su vida útil. **C.4.3:** Problemas de presión debidos a una subestimación de la tasa de crecimiento de las comunidades que abastecen los SSR.
PRIORIDAD	BAJA	
DISEÑO (HORIZONTE / MESES)	MEDIANO / 8 - 18	
EJECUCIÓN (HORIZONTE / MESES)	LARGO / 18 - 48	
ACTORES INVOLUCRADOS	• DOH – MOP • Empresas de ingeniería sanitaria • Municipios • GORE Los Lagos • SISS	
CASO DE ESTUDIO	Integration of smart water management and photovoltaic pumping syste m to supply domestic water for rural communities (Ficha 16)	
APLICABILIDAD EN SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO	Calle, Manao, Coñimo, Tantauco, Llau Llao (Ten Ten) y Rilan	

8	EL MEJORAMIENTO DE ESTANQUES DE REGULACIÓN EXISTENTES	
DESCRIPCIÓN	CLUSTER OBJETIVO	BRECHAS
Implica el aumento en la capacidad de almacenamiento de agua, que le permita a los SSR mayor autonomía, y, por tanto, evitar estresar de sobremanera los sistemas de impulsión para asegurar la disponibilidad de agua en el sistema.	A. Cantidad De Suministro C. Continuidad De Suministro	A.5.1: Capacidad o número de estanques insuficientes; esto implica que funcionan como estanques de paso y no ofrecen autonomía al sistema.
PRIORIDAD	15 (11 votos)	
DISEÑO (HORIZONTE / MESES)	CORTO – MEDIANO / 4 - 10	
EJECUCIÓN (HORIZONTE / MESES)	MEDIANO / 6 - 24	
ACTORES INVOLUCRADOS	• DOH – MOP • Gobierno Regional • Municipios • Empresas de ingeniería SSR • Asociaciones APR	
CASO DE ESTUDIO	Proyecto UdeC permite abastecer de agua potable a familias de la Isla Cheniao, en Chiloé (Ficha 18) NBS Pond Retention/Purification Network (Ficha 2)	
APLICABILIDAD EN SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO	Coñimo, Tantauco, Pidpid, Llau Llao (Ten Ten), Pindaco-Quitripulli, Queilen, Rio Llolle, Quilen, Auchac y Vila Corcovado.	

9	MEJORAMIENTO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN	
DESCRIPCIÓN	CLUSTER OBJETIVO	BRECHAS
En aquellos SSR que cuentan con infraestructura obsoleta o que reportan filtraciones de agua. Implica el reemplazo de uniones mecánicas y válvulas, así como el acondicionamiento de cañerías para hacer frente a episodios climáticos extremos, como las heladas.	A. CANTIDAD DE SUMINISTRO C. CONTINUIDAD DE SUMINISTRO	C.6.1; Se reportan pérdidas considerables (*"...en algunos casos llegando al 70%..."*; según el representante de la SISS) debido a la antigüedad de las redes y al uso irregular del agua. C.6.2: Producto de las heladas, se ha reportado la rotura de cañerías en tramos expuestos.
PRIORIDAD	ALTA	
DISEÑO (HORIZONTE / MESES)	CORTO – MEDIANO / 4 - 10	
EJECUCIÓN (HORIZONTE / MESES)	MEDIANO / 6 - 24	
ACTORES INVOLUCRADOS	• DOH – MOP • Municipios • GORE • Empresas de obras sanitarias • Asociaciones APR	

CASO DE ESTUDIO	a. Escasez de agua en Chiloé: la Red Participativa de Agua como solución para el sector rural (Ficha 1) b. Análisis del desempeño hidráulico y de la calidad del agua en juntas administradoras de agua potable. (Ficha 13)
APLICABILIDAD EN SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO	Astillero, Rilan, Pindaco Quitripulli, Queilen, Río Llolle, Quilen y Villa Corcoovado.

10	NUEVO ESTÁNDAR DE DISEÑO PARA LOS MEDIDORES DOMICILIARIOS	
DESCRIPCIÓN	CLUSTER OBJETIVO	BRECHAS
Que permita hacer frente a condiciones climáticas (heladas) que se dan de manera más intensa y frecuente a lo largo de toda la Isla Grande de Chiloé, y deja a un número considerable de usuarios sin suministro.	C. CONTINUIDAD DE SUMINISTRO	C.7.1: Se reportan episodios de heladas más intensos y frecuentes, lo que ha provocado numerosas fallas por congelamiento de los medidores.
PRIORIDAD	BAJA	
DISEÑO (HORIZONTE / MESES)	CORTO – MEDIANO / 4 - 10	
EJECUCIÓN (HORIZONTE / MESES)	MEDIANO / 6 - 24	
ACTORES INVOLUCRADOS	• SISS • DOH – MOP • SEREMI Salud • Universidades / Centros técnicos • Asociaciones APR	
CASO DE ESTUDIO	n/a	
APLICABILIDAD EN SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO	Todas	

11	INSTALACIÓN DE DISPOSITIVOS DE REGISTRO Y CONTROL EN ARRANQUES DOMICILIARIOS	
DESCRIPCIÓN	CLUSTER OBJETIVO	BRECHAS
Que permitan a la directiva del SSR evitar el consumo indiscriminado relacionado con usos que exceden los permitidos por la ley, mediante un sistema de monitoreo en tiempo real, notificación ante anomalía y control mediante un sistema de corte.	A. CANTIDAD DE SUMINISTRO C. CONTINUIDAD DE SUMINISTRO	A.8.1; La existencia de arranques informales —y de usuarios secundarios— representa una merma de la disponibilidad de agua, así como de la capacidad de control y registro de las directivas de los SSR. A.8.2: frente al uso del agua potable con fines que van más allá de los permitidos por la Ley 20.998.
PRIORIDAD	MEDIA	
DISEÑO (HORIZONTE / MESES)	MEDIANO / 8 - 18	
EJECUCIÓN (HORIZONTE / MESES)	LARGO / 18 - 48	

ACTORES INVOLUCRADOS	• SISS • DOH – MOP • Municipios • Empresas tecnológicas SSR • Asociaciones APR
CASO DE ESTUDIO	Análisis del desempeño hidráulico y de la calidad del agua en juntas administradoras de agua potable. (Ficha 13)
APLICABILIDAD EN SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO	Astillero, Rilan, Pindaco Quitripulli, Queilen, Río Llolle, Quilen, Villa Corcoovado

12	DISEÑO DE SISTEMA DE FILTRADO DE AGUAS GRISES	
DESCRIPCIÓN	CLUSTER OBJETIVO	BRECHAS
Que sea utilizado para lavados de filtros y que permita: (1) su reutilización para riego o agua domiciliaria (no potable) o (2) la infiltración y la recarga de acuíferos.	A. CANTIDAD DE SUMINISTRO D. SANEAMIENTO	**A.1.1;** Captación insuficiente para la demanda estival (disponibilidad de agua s/ddaa o fuente). **A.1.2:** Captaciones particulares para atender las necesidades de agua (podrían generar un desequilibrio hídrico en las fuentes subterráneas). **A.8.2:** Falta de sistemas de medición y fiscalización del uso del agua potable con fines que exceden los permitidos por la Ley 20.998. **A.5.1:** Capacidad o número de estanques insuficientes, esto implica que funcionan como estanques de paso, y no ofrecen autonomía al sistema.
PRIORIDAD	MEDIA	
DISEÑO (HORIZONTE / MESES)	MEDIANO / 8 - 18	
EJECUCIÓN (HORIZONTE / MESES)	LARGO / 18 - 48	
ACTORES INVOLUCRADOS	• DOH – MOP • SEREMI Medio Ambiente • Fundación Senda Darwin • Empresas especializadas • Universidades	
CASO DE ESTUDIO	Treatment wetlands in Embera indigenous communities (Colombia), are they Nature-based Solutions (Ficha 7)	
APLICABILIDAD EN SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO	Manao, Coñimo, Astillero, Pidpid y Pindaco	

13	SOLUCIÓN DE FOSAS SÉPTICAS	
DESCRIPCIÓN	CLUSTER OBJETIVO	BRECHAS
Que evite el vertimiento de aguas negras en el suelo, lo que podría contaminar eventualmente las fuentes	B. CALIDAD DE SUMINISTRO D. SANEAMIENTO	**B.1.5;** Contaminación del suministro de agua por la cercanía de pozos negros a los puntos de captación subterránea (p. Ej.: suministro de

de agua destinadas al consumo humano.		agua debido a la cercanía de pozos negros a los puntos de captación subterránea (p. ej., Rilán). **D.1;** Independientemente de la existencia de plantas de tratamiento, a la fecha hay un número considerable de fosas sépticas particulares y pozos negros, lo que representa una amenaza sanitaria y ambiental. **D.2:** Si bien se han entregado plantas de tratamiento de aguas servidas (p. ej., Rilán y Llau Llao), estas implican complejidades operativas y costos que los SSR no pueden asumir, lo que limita su funcionamiento.
PRIORIDAD	MEDIA	
DISEÑO (HORIZONTE / MESES)	CORTO / 1 - 4	
EJECUCIÓN (HORIZONTE / MESES)	CORTO / 1 - 9	
ACTORES INVOLUCRADOS	• DOH – MOP • SEREMI Salud • Municipios • Empresas sanitarias • Fundación Senda Darwin / Humedal Chile	
CASO DE ESTUDIO	n/a	
APLICABILIDAD EN SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO	Rilán y Llau - Llao	

14	**SISTEMAS MÓVILES DE POTABILIZACIÓN**	
DESCRIPCIÓN	**CLUSTER OBJETIVO**	**BRECHAS**
De agua para fuentes superficiales como lagunas, ríos o vertientes, que permitan reducir los riesgos para la salud de las personas que consumen —como fuentes primarias o secundarias— agua de fuentes no reguladas.	B. CALIDAD DE SUMINISTRO	**B.1.5:** Contaminación del suministro de agua por la cercanía de pozos negros a los puntos de captación, ya sean superficiales o subterráneos (p. ej., Rilán).
PRIORIDAD	BAJA	
DISEÑO (HORIZONTE / MESES)	CORTO / 1 - 4	
EJECUCIÓN (HORIZONTE / MESES)	CORTO / 1 - 9	
ACTORES INVOLUCRADOS	• DOH – MOP • SENAPRED • Municipios • Empresas sanitarias • Suralis	
CASO DE ESTUDIO	Filtración Lenta De Arena. (Ficha 6) Humedal Artificial I. Municipalidad De Curaco De Velez (Ficha 8)	
APLICABILIDAD EN SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO	Rilán, Manao, Coñimo, Astillero Punahuel, Pid Pid y Pandaco Quitripulli	

15	SISTEMAS DE ATRAPANIEBLAS	
DESCRIPCIÓN	CLUSTER OBJETIVO	BRECHAS
Orientados a diversificar las vías de captación de agua para usos distintos del consumo humano.	A. CANTIDAD DE SUMINISTRO C. CONTINUIDAD DE SUMINISTRO	A.1.1; Captación insuficiente para la demanda estival (disponibilidad de agua s/ddaa o fuente). A.1.2: Captaciones particulares para atender las necesidades de agua (podrían generar un desequilibrio hídrico en las fuentes subterráneas). A.1.3: Infraestructura asociada al punto de captación (impulsión o acumulación, según la fuente) insuficiente durante períodos de alta demanda. C.1.1: Hay fuentes que se ven mermadas durante la época estival, por lo que se recurre a otras fuentes de captación (subterráneas) o a camiones aljibe, lo que pone en riesgo la continuidad del suministro (p. ej., Coñimó y Pindaco - Quitripulli).
PRIORIDAD	BAJA	
DISEÑO (HORIZONTE / MESES)	CORTO / 1 - 4	
EJECUCIÓN (HORIZONTE / MESES)	CORTO / 1 - 9	
ACTORES INVOLUCRADOS	• Fundación Lepe • Fundación MERI • Universidades • Municipios • Organizaciones comunitarias	
CASO DE ESTUDIO	n/a	
APLICABILIDAD EN SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO	Coñimó y Pindaco.Quitripulli	

16	SISTEMAS DE DESALADORAS DE ESCALA PEQUEÑA	
DESCRIPCIÓN	CLUSTER OBJETIVO	BRECHAS
Orientados a diversificar las vías de captación de agua para usos distintos del consumo humano.	A. CANTIDAD DE SUMINISTRO C. CONTINUIDAD DE SUMINISTRO	A.1.1; Insuficiencia de fuentes de agua dulce para cubrir la demanda actual y proyectada de los SSR, especialmente en períodos estivales y de sequía prolongada. (disponibilidad de agua s/ddaa o fuente). C.1.1: Hay fuentes que se ven mermadas durante la época estival, por lo que se recurre a otras fuentes de captación (subterráneas) o a camiones aljibe, lo que pone en riesgo la continuidad del suministro (ej.: Coñimó y Pindaco - Quitripulli). C.1.2 Alta dependencia de las captaciones superficiales y subterráneas, vulnerables a la variabilidad climática y a la disminución sostenida de los caudales y de las napas en la Isla Grande de Chiloé. C.1.3 Deterioro de la calidad del agua cruda disponible, con turbiedad, materia orgánica y

		contaminación microbiológica, lo que dificulta el cumplimiento de la normativa de agua potable rural. C.1.4 Limitaciones operacionales y fallas recurrentes en los sistemas de tratamiento existentes (filtración y cloración), asociadas a la infraestructura obsoleta, a los altos costos de mantención y a las dificultades logísticas para el reemplazo de insumos. C.1.5 Interrupciones frecuentes del suministro de agua potable en los SSR, producto del agotamiento de las fuentes, de fallas en las captaciones tradicionales y de eventos climáticos extremos. C.1.6 Baja resiliencia de los sistemas de abastecimiento rural frente al cambio climático, con escasas alternativas tecnológicas que aseguren la continuidad operativa durante todo el año.
PRIORIDAD	BAJA	
DISEÑO (HORIZONTE / MESES)	CORTO / 1 - 4	
EJECUCIÓN (HORIZONTE / MESES)	CORTO / 1 - 9	
ACTORES INVOLUCRADOS	• DOH – MOP • CORFO • Empresas especializadas (Najar, Gessan) • Municipios • SISS	
CASO DE ESTUDIO	Vanuatu Remote Island Desalination (Ficha 20)	
APLICABILIDAD EN SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO	Coñimó y Pindaco - Quitripulli	

17	LABORATORIO DE AGUA EN CHILOÉ	
DESCRIPCIÓN	CLUSTER OBJETIVO	BRECHAS
Actualmente, las muestras para obtener los niveles de calidad del agua, deben ser enviadas a Puerto Montt, lo que implica tiempo y complejidad desde el punto de vista logístico. Se plantea la instalación de un laboratorio de agua en Chiloé, que permita agilizar y simplificar este procedimiento.	A. CALIDAD DE SUMINISTRO	B.1.1 No se cumplen los estándares mínimos de calidad del agua, producto de la turbiedad en fuentes superficiales, producto de periodos secos y lluvias (ej: Coñimó, Manao, Calle y Pupelde). B.1.2 No se cumplen los estándares mínimos de calidad del agua por afloramiento de algas en fuentes de captación superficial (ej: Queilén). B.1.3 No se cumplen los estándares mínimos de calidad del agua por altas concentraciones de fierro y la presencia de la bacteria del fierro

		en captaciones subterráneas (ej: Castro). **B.1.4** No se cumplen los estándares mínimos de calidad del agua producto de intrusión salina en captaciones subterráneas próximas al mar (ej. Queilén). **B.1.5** No se cumplen los estándares mínimos de calidad del agua debido a la cercanía de pozos negros a los puntos de captación subterráneos.
PRIORIDAD	ALTA	
DISEÑO (HORIZONTE / MESES)	CORTO - MEDIANO / 4 - 10	
EJECUCIÓN (HORIZONTE / MESES)	MEDIANO / 6 - 24	
ACTORES INVOLUCRADOS	• SEREMI Salud • Universidades • SISS • DOH – MOP • Gobierno Regional	
CASO DE ESTUDIO	**a.** Análisis del desempeño hidráulico y de la calidad del agua en juntas administradoras de agua potable. (Ficha 13) **b.** Development of a decision-support system to select nature-based solutions for domestic wastewater treatment (Ficha 12)	
APLICABILIDAD EN SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO	Astillero Punahuel, Rilan, Pindaco Quitripulli, Rio Llolle, Quilen, Villa Corcovado (a) Llau Llao, Queilen, Pid Pid (b)	

18	**INCORPORACIÓN DE LA LLAVE STORZ EN LOS MANUALES DE DISEÑO**	
DESCRIPCIÓN	**CLUSTER OBJETIVO**	**BRECHAS**
Según información recopilada en terreno, los manuales de diseño no incorporan el sistema Storz para la conexión a camiones aljibe ni a carros de bombero.	D. Continuidad De Suministro	**B.1.1** No se cumplen los estándares mínimos de calidad del agua, producto de la turbiedad en fuentes superficiales, producto de periodos secos y lluvias (ej: Coñimó, Manao, Calle y Pupelde). **B.1.2** No se cumplen los estándares mínimos de calidad del agua por afloramiento de algas en fuentes de captación superficial (ej: Queilén). No se cumplen los estándares mínimos de calidad del agua por altas concentraciones de fierro y la presencia de la bacteria del fierro en captaciones subterráneas (ej: Castro).

		B.1.1 No se cumplen los estándares mínimos de calidad del agua producto de intrusión salina en captaciones subterráneas próximas al mar (ej. Queilén). **B.1.5** No se cumplen los estándares mínimos de calidad del agua debido a la cercanía de pozos negros a los puntos de captación subterráneos.
PRIORIDAD	BAJA	
DISEÑO (HORIZONTE / MESES)	CORTO - MEDIANO / 4 - 10	
EJECUCIÓN (HORIZONTE / MESES)	MEDIANO / 6 - 24	
ACTORES INVOLUCRADOS	• DOH – MOP • SENAPRED • Bomberos • SEREMI MOP • Municipios	
CASO DE ESTUDIO	n/a	
APLICABILIDAD EN SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO	Castro, Queilén, Coñimó, Manao, Calle y Pupelde	

19	**NUEVAS MATERIALIDADES (NO PLÁSTICAS) PARA ESTANQUES DE REGULACIÓN**	
DESCRIPCIÓN	**CLUSTER OBJETIVO**	**BRECHAS**
Consiste en incorporar nuevas alternativas de materialidad para los estanques de regulación. De manera de reducir los costos de los estanques convencionales, sin incurrir en materiales que pudieran ser perjudiciales para la salud, como los plásticos.	B. Calidad De Suministro	
PRIORIDAD	BAJA	
ACTORES INVOLUCRADOS	• DOH – MOP • SEREMI MOP • Municipios	
CASO DE ESTUDIO	n/a	
APLICABILIDAD EN SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO	Todas	

20	**SISTEMAS COMBINADOS DE CAPTACIÓN**	
DESCRIPCIÓN	**CLUSTER OBJETIVO**	**BRECHAS**
Consiste en incorporar mecanismos alternativos de captación de agua potable para reforzar la captación principal durante las	A. Cantidad De Suministro C. Continuidad de Suministro	**A.1.1**; Captación insuficiente para la demanda estival (disponibilidad de agua s/ddaa o fuente). **A.1.2:** Captaciones particulares para atender las necesidades de agua (podrían

temporadas de mayor demanda. Estos sistemas no necesariamente implican un aumento de la infraestructura del SSR, sino que podrían consistir en intervenciones domiciliarias.		generar un desequilibrio hídrico en las fuentes subterráneas). A.1.3: Infraestructura asociada al punto de captación (impulsión o acumulación, según la fuente) insuficiente durante períodos de alta demanda. C.1.1: Hay fuentes que se ven mermadas durante la época estival, por lo que se recurre a otras fuentes de captación (subterráneas) o a camiones aljibe, lo que pone en riesgo la continuidad del suministro (p. ej., Coñimó y Pindaco - Quitripulli).
PRIORIDAD	BAJA	
ACTORES INVOLUCRADOS	• DOH – MOP • GORE • Municipios • SUBDERE	
CASO DE ESTUDIO	n/a	
APLICABILIDAD EN SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO	Todas	

21	REUTILIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE	
DESCRIPCIÓN	CLUSTER OBJETIVO	BRECHAS
Iniciativa propuesta en taller participativo con directivas de SSR, en donde se propone reutilizar la infraestructura (p. ej.; captaciones superficiales en desuso) para fortalecer la acumulación y absorción de agua.	A. Cantidad De Suministro C. Continuidad de Suministro	A.1.1; Captación insuficiente para la demanda estival (disponibilidad de agua s/ddaa o fuente). A.1.2: Captaciones particulares para atender las necesidades de agua (podrían generar un desequilibrio hídrico en las fuentes subterráneas). A.1.3: Infraestructura asociada al punto de captación (impulsión o acumulación, según la fuente) insuficiente durante períodos de alta demanda. C.1.1: Hay fuentes que se ven mermadas durante la época estival, por lo que se recurre a otras fuentes de captación (subterráneas) o a camiones aljibe, lo que pone en riesgo la continuidad del suministro (p. ej., Coñimó y Pindaco - Quitripulli).
PRIORIDAD	25 (6 votos)	
ACTORES INVOLUCRADOS	• DOH – MOP • GORE • Municipios • SUBDERE	
CASO DE ESTUDIO	n/a	

APLICABILIDAD EN SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO	Todos los SSR que hayan migrado de la captación superficial a la subterránea.

22	BIOPISCINA PARA TRATAR AGUA UTILIZADA EN RETROLAVADOS	
DESCRIPCIÓN	CLUSTER OBJETIVO	BRECHAS
Implementar un sistema de biopiscinas que permita tratar las aguas empleadas en las faenas de lavado de filtros.	B. Cantidad De Suministro D. Continuidad de Suministro	**A.1.1;** Captación insuficiente para la demanda estival (disponibilidad de agua s/ddaa o fuente). **A.1.3;** Infraestructura asociada al punto de captación (impulsión o acumulación, según la fuente) insuficiente durante periodos de alta demanda.
PRIORIDAD	21 (9 votos)	
ACTORES INVOLUCRADOS	• DOH – MOP • GORE • Municipios • SUBDERE	
CASO DE ESTUDIO	n/a	
APLICABILIDAD EN SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO	Todos	

5.6.2 MEDIDAS NO ESTRUCTURALES

Para generar una propuesta de medidas no estructurales, deben conjugarse los desafíos climáticos con la heterogeneidad de realidades levantada en el subtítulo 5.2 de "Diagnóstico participativo de brechas asociadas a la resiliencia de los SSR", así como con los desafíos y oportunidades que enfrentan (Anexo 4 : ficha descriptiva de SSR).

El levantamiento de información en terreno revela una realidad heterogénea entre los SSR de la Isla Grande, en particular respecto a las fuentes de agua, la infraestructura, la gestión y las capacidades instaladas. Por otra parte, se deben ajustar estas medidas a las exigencias de la Ley 20.998 (considerando en particular los plazos para el inicio de la fiscalización de operadores mayores, medianos y menores), así como a la necesidad de generar incentivos económicos claros que aseguren la sostenibilidad y la prosperidad de estos servicios.

La ley que regula a los SSR formaliza a los operadores, fija derechos y obligaciones, exige sustentabilidad financiera, establece estándares de calidad, cantidad y continuidad,

exige DAA y planes de inversión, además de aprobar estados financieros. Los plazos de fiscalización por parte de la SISS son noviembre de 2024 para operadores mayores, noviembre de 2025 para operadores medianos y noviembre de 2027 para operadores menores. Muchos SSR perciben la ley como una carga administrativa y legal, sintiéndose sobrecargados y muy lejos de ver las oportunidades que representa (información recolectada en entrevistas en terreno y en línea).

En términos generales, se ha reconocido que, de manera transversal, los SSR carecen de una gobernanza robusta y resiliente, lo que constituye una de las principales brechas no estructurales que se sugiere abordar. En este sentido, las medidas no estructurales deben complementar y potenciar las medidas estructurales propuestas, para asegurar que la inversión en infraestructura sea efectiva a largo plazo. Por ello, se proponen medidas que promuevan un acompañamiento robusto en la gestión, la activación continua de fuentes de financiamiento, los modelos de negocio y el cumplimiento normativo.

PRINCIPIOS RECTORES PARA EL DISEÑO DE MEDIDAS NO ESTRUCTURALES

Las medidas no estructurales se guiarán por los siguientes principios, abarcando tanto la vulnerabilidad como la capacidad local y la sostenibilidad a largo plazo.

- Equidad territorial y justicia hídrica: Las medidas no estructurales deben apuntar a una distribución justa de recursos y beneficios, priorizando a las comunidades más vulnerables, con mayor riesgo de escasez o cortes por sequía, disminución de caudales o intrusión salina, especialmente a las que cuentan con fuentes únicas sin respaldo. Sin embargo, no basta con priorizar únicamente por la vulnerabilidad; este criterio debe equilibrarse con la capacidad de respuesta local.
- Robustecimiento de capacidades locales: Foco en el desarrollo de habilidades, conocimientos y autonomía de las personas y organizaciones locales, con énfasis en capacitaciones pertinentes y adaptadas al nivel de conocimientos y experiencias de los/as participantes, asistencia técnica continua y acompañamiento organizacional adaptado a cada SSR (p.ej. Realización de programas para la formación de nuevos líderes con foco en los SSR donde existe desgaste y baja participación, vs. instancias genéricas con fines similares abiertas a todos los SSR).
- Resiliencia comunitaria y sostenibilidad ambiental: Aumentar la capacidad de las comunidades para anticipar, adaptarse y recuperarse de adversidades (climáticas,

económicas, sanitarias, entre otras), proteger y diversificar las fuentes de agua, incorporar planes de emergencia y promover el uso sostenible del agua.

- Suficiencia económica y sostenibilidad financiera: Orientar las medidas no estructurales a lograr que cada SSR tenga ingresos y apoyos suficientes para operar con continuidad y calidad, en línea con la Ley 20.998, lo que implica no solamente reevaluar los sistemas de tarifas para que sean adecuados, sino adicionalmente buscar fuentes de ingreso complementarias y la valorización de aguas saneadas y fortalecer habilidades y competencias para la formulación de proyectos.
- Contribución a la productividad local y a sinergias con otras iniciativas: Priorizar acciones que mejoren la gestión del agua y potencien actividades productivas pertinentes en la zona (principalmente la agricultura y el turismo), generando ahorros, ingresos complementarios, situaciones de ganancia mutua entre SSR y agricultores/comunidades, y convirtiendo pasivos en activos productivos (como la valorización de lodos en bioinsumos), entre otras.
- Participación y transparencia en la gestión: Promover mecanismos participativos en la planificación y el control del servicio, construyendo confianza y facilitando la cooperación comunitaria (por ejemplo, con base en el concepto de la minga chilota, para la construcción y/o reparación de infraestructura).
- Impacto social y número de personas beneficiadas: Equilibrar el alcance en términos de población beneficiada con la equidad territorial (sin descuidar SSR pequeños pero críticos por su aislamiento). Por ejemplo, un programa de capacitación puede agrupar a varios SSR de baja escala dentro de la misma comuna (p.e. Ancud), logrando un efecto multiplicador.
- Compromiso local y factibilidad de implementación: Un principio crucial es valorar la disposición y la organización de cada comunidad para aprovechar la medida no estructural propuesta. Priorizar acciones en lugares con capital social suficiente, asegurando que las medidas se implementen con éxito y sirvan de modelo para facilitar su replicabilidad. Para esto, es clave que el mapa de actores también incluya a quienes generan resistencia.

Medidas propuestas por clúster temático:

E. FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES LOCALES

Objetivo: Desarrollar habilidades y conocimientos que permitan avanzar hacia una gestión autónoma de los SSR. Para ello, la gestión comunitaria es fundamental, y el Estado debe promover competencias técnicas, organizacionales y financieras.

E1.	PROGRAMAS CONTINUOS DE FORMACIÓN DE LÍDERES Y DE RELEVO GENERACIONAL PARA DIRECTIVAS
DESCRIPCIÓN	BRECHAS
que favorezcan la continuidad operacional de las administraciones a pesar del cambio de las directivas. Se entiende que esta es una medida que excede el ámbito de acción de la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales o de la DOH, por lo que requeriría programas de financiamiento (SUBDERE o GORE) y sería ejecutada por entidades competentes (Universidades o Institutos Técnico-Profesionales).	d) Discontinuidad entre períodos administrativos/falta de traspaso de conocimiento y f) Falta de participación comunitaria/incapacidad para conformar nuevas directivas. - Según un representante de SSR: *"...baja participación en los sistemas, dificultades para renovar las directivas..."*.
PRIORIDAD	MEDIA
ACTORES INVOLUCRADOS	• DOH – MOP • SUBDERE/GORE • Consejo Consultivo Regional SSR • Asociaciones Comunales de APR • Universidades / DUOC / INACAP • Fundación Amulén
APLICABILIDAD EN SISTEMAS SANITARIOS RURALES DE EL ÁREA DE ESTUDIO	Pid Pid, Llau Llao, Queilén, Villa Corcovado, Astillero-Punahuel, Manao, Coñimo, Tantauco, Calle, Rilán, Río Llolle, Auchac, Quilén

E2.	ASISTENCIA TÉCNICA CONTINUADA Y CAPACITACIONES PRÁCTICAS EN TERRENO SOBRE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE INFRAESTRUCTURA
DESCRIPCIÓN	BRECHAS
"Condición de la infraestructura del SSR": b) **Equipamiento hidráulico/ manifold precario:** redes y accesorios en mal estado que generan pérdidas, fallas y dificultad para regular presiones; c) **Equipamiento eléctrico precario:** tableros, bombas o sistemas eléctricos obsoletos o deteriorados que incrementan el riesgo de fallas y d) **Desgaste de materiales dada la geografía:** condiciones locales (salinidad, humedad, pendientes, suelos corrosivos) aceleran la degradación de infraestructura y equipos.	i) Cantidad de suministro: **A.7.1** (elevados porcentajes de pérdida en las redes por infraestructura en mal estado). ii) Continuidad del suministro: **C.4.2** (falla en los sistemas de impulsión debidos a la falta de capacidad y control del agua en estanques), **C.4.3** (problemas de presión insuficiente en la red), falla de bombas, presión insuficiente, rotura de cañerías, medidores dañados por heladas, falta de repuestos, válvulas oxidadas, falta de mantenimiento para la operación, **C.6.1** (Se reportan pérdidas considerables debido a la antigüedad de las redes y al uso irregular de agua.), **C.6.2** (rotura de cañerías en tramos expuestos producto de las heladas), **C.7.1** (congelamiento de medidores por heladas más intensas y frecuentes). - Representantes de SSR mencionan: *"necesidades de mejora de la infraestructura"*.
PRIORIDAD	BAJA
ACTORES INVOLUCRADOS	• DOH – MOP

	• Empresas especializadas (Najar, Gessan, Ecorumbo) • Inacap • Asociaciones APR • Municipios
APLICABILIDAD EN SISTEMAS SANITARIOS RURALES DE EL ÁREA DE ESTUDIO	Todos

E3.	ASESORAMIENTO Y ACOMPAÑAMIENTO INTEGRAL EN CUMPLIMIENTO DE LA LEY 20.998, NORMATIVA SANITARIA Y REGULARIZACIÓN DE DERECHOS DE AGUA
DESCRIPCIÓN	BRECHAS
(p.ej. todos aquellos SSR que asocian a la Ley con burocracia excesiva, más exigencias, nulo apoyo técnico y de recursos para cumplirla, sobrecarga en general, una ley "lejana y poco práctica", problemática, etc. "Capacidad de gobernanza y gestión comunitaria del SSR": a) Escasa participación de SSR en licitación e implementación de proyectos (la falta de cumplimiento legal y de derechos de agua puede impedir la elegibilidad para licitaciones y proyectos b) Desconocimiento de instrumentos administrativos (no entender la Ley implica no saber cómo gestionar los derechos de agua ni cómo cumplir con otras normativas). c) Ausencia de capacitación financiera (implica el conocimiento de los aspectos financieros relacionados con la Ley (tarifas, informes, otros) y el valor de los derechos de agua.	i) Cantidad de suministro: **A.1.1** (captación insuficiente para la demanda estival). La falta de derechos de agua es una causa directa de esta brecha en la disponibilidad legal del recurso. i) Saneamiento: **D.4** (no hay conocimiento local suficiente sobre la implementación y operación de plantas de tratamiento; falta personal capacitado en el tema). - Representante de SSR menciona: *"...Hay una brecha entre la normativa y la realidad: la nueva Ley exige un estándar de empresa que muchas comunidades no pueden cumplir..."*.
PRIORIDAD	BAJA
ACTORES INVOLUCRADOS	• SISS • DOH – MOP • DGA Los Lagos • SEREMI Salud • Empresas consultoras SSR
APLICABILIDAD EN SISTEMAS SANITARIOS RURALES DE EL ÁREA DE ESTUDIO	Pid Pid, Llau Llao, Queilén, Villa Concorvado, Coñimo, Tantauco, Pincado-Quitripulli, Rilán, Río Llolle, Auchac y Quilén

F. RESILIENCIA Y SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

Objetivo: Aumentar la capacidad de las comunidades para anticipar, adaptarse y recuperarse de las adversidades (climáticas, económicas, sanitarias), protegiendo y diversificando las fuentes de agua y promoviendo un uso sostenible del recurso.

F1.	CAMPAÑAS DE CONCIENTIZACIÓN SOBRE EL USO EFICIENTE DEL AGUA Y PROTECCIÓN DE ECOSISTEMAS HÍDRICOS (HUMEDALES, BOSQUES, VERTIENTES)
DESCRIPCIÓN	BRECHAS
"Práctica y conciencia comunitaria (residentes) sobre el uso y cuidado del agua": a) Bajo nivel de educación y sensibilización en torno al valor del agua y la protección de su entorno b) Uso de agua potable en actividades no domiciliarias (riego o ganadería): consecuencias y alternativas.	i) Cantidad de suministro: A.8.2 (uso del agua potable para fines que van más allá de los permitidos por la Ley 20.998)**. *(**) La Ley (Artículo 6°) establece que, si el operador garantiza la cobertura del SSR primario, podría eventualmente prestar servicios de SSR secundario, como los de riego o de ganadería. Esto es especialmente importante para SSR, que han declarado no tener escasez hídrica o, de manera directa, que tienen excedentes (del 100% en el caso de SSR de Lelbún, según conversación en el Taller SSR de Castro; es un caso extremo de excedentes, pero hay más). Esto es relevante, puesto que la degradación/desaparición de suelo agrícola agrava la escasez hídrica en sus inmediaciones (aumento de escorrentía superficial, disminución de recarga de napas subterráneas, disminución de nivel freático, disminución de humedad retenida en praderas degradadas secan arroyos antes de tiempo), reducción de evapotranspiración, contaminación de fuentes de agua por sedimentos y nutrientes arrastrados debido a erosión, aumento de inundaciones repentinas en invierno y sequías más intensas y prolongadas en verano).*
PRIORIDAD	ALTA
ACTORES INVOLUCRADOS	• SEREMI Medio Ambiente • Fundación Senda Darwin • Fundación MERI • Municipios • Organizaciones comunitarias
APLICABILIDAD EN SISTEMAS SANITARIOS RURALES DE EL ÁREA DE ESTUDIO	Todos

F2.	PLANIFICACIÓN PARA PERIODOS DE MAYOR ESCASEZ HÍDRICA
DESCRIPCIÓN	BRECHAS
Esto significa que las directivas de los SSR cuenten con las herramientas y conocimientos para tomar medidas preventivas, que permitan mitigar los efectos de escasez	i) Cantidad de suministro: A.1.1 (captación insuficiente para la demanda estival). ii) Continuidad del suministro: C.1.1 (hay fuentes que

en periodos de baja precipitación, a través de un plan de contingencia.	se ven mermadas durante la época estival, teniendo que recurrir a otras fuentes de captación [subterráneas], o camiones aljibe, lo que pone en riesgo la continuidad del suministro).
PRIORIDAD	*ALTA*
ACTORES INVOLUCRADOS	• GORE Los Lagos • SENAPRED • DOH – MOP • Municipios • DGA
APLICABILIDAD EN SISTEMAS SANITARIOS RURALES DE EL ÁREA DE ESTUDIO	Pid Pid, Llau Llao, Villa Corcovado, Manao, Coñimo, Tantauco, Calle, Pindaco-Quitripulli, Auchac, Quilén

F3.	ASISTENCIA TÉCNICA Y CAPACITACIONES EN CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA
DESCRIPCIÓN	BRECHAS
	i) Calidad de suministro: **B.1.1** (turbiedad por sedimentos en fuentes superficiales producto de períodos secos y lluvias), **B.1.2** (contaminación por afloramiento de algas en fuentes de captación superficial), **B.1.3** (presencia de fierro y de la bacteria del fierro en SSR con captaciones subterráneas), **B.1.4** (problemas de intrusión salina en captaciones subterráneas próximas al mar), **B.1.5** (contaminación de suministro de agua por la cercanía de pozos negros a los puntos de captación subterráneas), **B.3.1** (fallas en el sistema de filtros y sistema de cloración por falta de mantenimiento o renovación oportuna de equipos e insumos). ii) Saneamiento: **D.3** (Las redes del sistema de tratamiento de aguas servidas, al ser diseñadas para distribuir, y no para recolectar, no permiten concentrar las aguas servidas para darles el debido tratamiento). En vez de eso, se vierten al terreno a través de pozos negros, o directamente a los cuerpos de agua. **D.4**. (no hay conocimiento local suficiente sobre la implementación y operación de plantas de tratamiento - falta de gente capacitada en el tema). - Representantes de la SISS indican: *"...hay agua, pero hay que potabilizarla, ese es el principal desafío; turbiedad en momentos de lluvias, que han aumentado en intensidad/concentración..."*.
PRIORIDAD	MEDIA
ACTORES INVOLUCRADOS	• SEREMI Salud • SISS

	• DOH – MOP • Universidades • Laboratorios / Empresas sanitarias
APLICABILIDAD EN SISTEMAS SANITARIOS RURALES DE EL ÁREA DE ESTUDIO	Queilén, Villa Corcovado, Astillero-Punahuel, Manao, Coñimo, Pupelde, Pindaco-Quitripulli, Rilán, Río Llolle, Auchac, Quilén

G. GESTIÓN, ADMINISTRACIÓN Y SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA

Objetivo: Lograr que cada SSR tenga ingresos y apoyos suficientes para operar con continuidad y calidad, en línea con la Ley 20.998, que establece que las tarifas deben permitir *"recuperar, a lo menos, los costos indispensables de operación"* y pueden incluir la recuperación de la inversión y la reposición.

G1.	ASISTENCIA Y ASESORÍA CONTINUA EN GESTIÓN ADMINISTRATIVA, MODERNIZACIÓN Y DIGITALIZACIÓN
DESCRIPCIÓN	BRECHAS
"Capacidad de gobernanza y gestión comunitaria del SSR": b) Desconocimiento de los instrumentos administrativos c) Ausencia de capacitación financiera. "Incorporación de tecnologías de gestión y control": el SSR no cuenta con tecnologías ni sistemas para conocer los niveles de producción, el consumo eléctrico o el tiempo de funcionamiento	i) Cantidad de suministro: A.8.1 (La existencia de arranques informales —y usuarios secundarios— representa una merma en la disponibilidad de agua, así como en la capacidad de control y registro de las directivas de los SSR). ii) Saneamiento: D.2 (las plantas de tratamiento de aguas servidas implican altos costos operacionales y costos que los SSR deben solventar, lo que limita su funcionamiento), D.4 (no hay conocimiento local suficiente sobre la implementación y operación de plantas de tratamiento - falta de capacitación en el tema).
PRIORIDAD	MEDIA
ACTORES INVOLUCRADOS	• SUBDERE • DOH – MOP • CORFO • Universidades / Inacap • Asociaciones APR
APLICABILIDAD EN SISTEMAS SANITARIOS RURALES DE EL ÁREA DE ESTUDIO	Pid Pid, Llau Llao, Villa Concorvado, Manao, Coñimo, Tantauco, Calle, Pupelde, Pindaco-Quitripulli, Rilán, Río Llolle, Auchac, Quilén

G2.	ASESORÍA TÉCNICA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA
DESCRIPCIÓN	BRECHAS

	i) Continuidad del suministro: **C.2.1** (cortes de luz o variaciones de voltaje en la red): las medidas de EE reducen la dependencia y el impacto de estos problemas. ii) Saneamiento: **D.2** (las plantas de tratamiento de aguas servidas implican altos costos operativos y costos que los SSR deben asumir, lo que limita su funcionamiento).
PRIORIDAD	MEDIA
ACTORES INVOLUCRADOS	• SUBDERE • DOH – MOP • CORFO • Universidades / Inacap • Asociaciones APR
APLICABILIDAD EN SISTEMAS SANITARIOS RURALES DE EL ÁREA DE ESTUDIO	Llau Llao, Tantauco, Calle, Río Llolle

G3.	**ASESORÍA EN MODELOS DE NEGOCIO PARA SANEAMIENTO Y DIVERSIFICACIÓN DE INGRESO**
DESCRIPCIÓN	BRECHAS
Si bien la Ley N° 20.998 establece que los SSR son organizaciones **sin fines de lucro** (Artículo 1, Artículo 2(e), Artículo 2(n)), con un giro determinado que incluye la etapa de "Saneamiento" (Artículo 2(m)) y el "Tratamiento y disposición final de aguas servidas y manejo de sus lodos" (Artículo 7(d)), el Artículo 67(d) exige que la política de SSR propenda a la auto sustentabilidad económica del servicio, lo cual demanda que las tarifas permitan "recuperar, a lo menos, los costos indispensables de operación" (Artículo 57). Para el cumplimiento de este mandato financiero, el Artículo 44 autoriza expresamente que la asamblea general del SSR pueda permitir el "uso y goce de los bienes indispensables" (como las plantas de tratamiento de aguas servidas – Artículo 12(j)) para el "desarrollo de otras actividades" complementarias (como la valorización de lodos, una actividad inherente al saneamiento), siempre que la asamblea lo autorice, se cumpla con la normativa vigente y "no se limite, entorpezca o afecte de modo alguno la provisión de los servicios sanitarios rurales" Asociado a: - CA2: Sistemas de tratamiento de aguas residuales: mejora la infraestructura de recolección y tratamiento de aguas residuales.	i) Saneamiento: **D.2** (las plantas de tratamiento de aguas servidas implican altos costos operacionales y costos que los SSR tienen que solventar, lo que limita su funcionamiento), **D.3** (Las redes del sistema de tratamiento de aguas servidas, al ser diseñadas para distribuir y no para recolectar, no permiten concentrar las aguas servidas para darles el debido tratamiento). En vez de eso, se vierten al terreno a través de pozos negros, o directamente a los cuerpos de agua.

PRIORIDAD	BAJA
ACTORES INVOLUCRADOS	• CORFO • SEREMI Economía • Sercotec • GORE • Cámaras de Comercio y Turismo
APLICABILIDAD EN SISTEMAS SANITARIOS RURALES DE EL ÁREA DE ESTUDIO	Llau Llao, Tantauco, Calle, Río Llolle

G4.	ASISTENCIA TÉCNICA Y CAPACITACIÓN EN FORMULACIÓN Y POSTULACIÓN DE PROYECTOS
DESCRIPCIÓN	BRECHAS
"Capacidad de gobernanza y gestión comunitaria del SSR": a) Escasa participación de la SSR en la licitación y la implementación de proyectos, b) Desconocimiento de los instrumentos administrativos, c) Ausencia de capacitación financiera.	i) Continuidad del suministro: C.6.1 (pérdidas considerables en la red debido a la antigüedad de las redes y al uso irregular del agua), C.6.2 (rotura de cañerías en tramos expuestos, producto de las heladas), C.7.1 (congelamiento de medidores por heladas más intensas y frecuentes). ii) Saneamiento: D.2 (las plantas de tratamiento de aguas servidas implican altos costos operacionales y costos que los SSR tienen que solventar, lo que limita su funcionamiento), D.3 (Las redes del sistema de tratamiento de aguas servidas, al ser diseñadas para distribuir y no para recolectar, no permiten concentrar las aguas servidas para darles el debido tratamiento). En vez de eso, se vierten al terreno a través de pozos negros, o directamente a los cuerpos de agua. D.4 (no hay conocimiento local suficiente sobre la implementación y operación de plantas de tratamiento - falta de personal capacitado en el tema).
PRIORIDAD	BAJA
ACTORES INVOLUCRADOS	• SUBDERE • GORE • Municipios • Huella Local • Universidades
APLICABILIDAD EN SISTEMAS SANITARIOS RURALES DE EL ÁREA DE ESTUDIO	Pid Pid, Llau Llao, Villa Concorvado, Astillero-Punahuel, Coñimo, Manao, Tantauco, Pindaco-Quitripulli, Rilán, Río Llolle, Auchac, Quilén

G4.	ASISTENCIA TÉCNICA Y CAPACITACIÓN EN FORMULACIÓN Y POSTULACIÓN DE PROYECTOS

DESCRIPCIÓN	BRECHAS
"Capacidad de gobernanza y gestión comunitaria del SSR": a) Escasa participación de la SSR en la licitación y la implementación de proyectos, b) Desconocimiento de los instrumentos administrativos, c) Ausencia de capacitación financiera.	i) Continuidad del suministro: **C.6.1** (pérdidas considerables en la red debido a la antigüedad de las redes y al uso irregular del agua), C.6.2 (rotura de cañerías en tramos expuestos, producto de las heladas), **C.7.1** (congelamiento de medidores por heladas más intensas y frecuentes). ii) Saneamiento: **D.2** (las plantas de tratamiento de aguas servidas implican altos costos operacionales y costos que los SSR tienen que solventar, lo que limita su funcionamiento), **D.3** (Las redes del sistema de tratamiento de aguas servidas, al ser diseñadas para distribuir y no para recolectar, no permiten concentrar las aguas servidas para darles el debido tratamiento). En vez de eso, se vierten al terreno a través de pozos negros, o directamente a los cuerpos de agua. **D.4** (no hay conocimiento local suficiente sobre la implementación y operación de plantas de tratamiento - falta de personal capacitado en el tema).
PRIORIDAD	BAJA
ACTORES INVOLUCRADOS	• SUBDERE • GORE • Municipios • Huella Local • Universidades
APLICABILIDAD EN SISTEMAS SANITARIOS RURALES DE EL ÁREA DE ESTUDIO	Pid Pid, Llau Llao, Villa Concorvado, Astillero-Punahuel, Coñimo, Manao, Tantauco, Pindaco-Quitripulli, Rilán, Río Llolle, Auchac, Quilén

G5.	CAMPAÑAS DE SENSIBILIZACIÓN SOBRE EL VALOR ECONÓMICO DEL AGUA, LOS COSTOS DEL SERVICIO Y LA IMPORTANCIA DEL PAGO TARIFARIO
DESCRIPCIÓN	BRECHAS
"Práctica y conciencia comunitaria (residentes) sobre el uso y cuidado del agua": a) Bajo nivel de educación y sensibilización en torno al valor del agua y la protección de su entorno. "Capacidad de gobernanza y gestión comunitaria del SSR": c) Ausencia de capacitación financiera (esta medida no estructural apunta a aumentar la disposición de pago de la comunidad, y no está dirigida específicamente a los directivos, se asocia a V5c debido a que una comunidad	i) Cantidad de suministro: **A.8.2** (uso del agua potable para fines que van más allá de los permitidos por la Ley 20.998). Ver nota (**) en la medida F1. ii) Saneamiento: **D.2** (las plantas de tratamiento de aguas servidas implican altos costos operacionales y costos que los SSR tienen que solventar), las campañas deben explicar a los usuarios que el saneamiento es un servicio costoso y necesario para la comunidad y el medio ambiente, justificando las tarifas.

con una mejor comprensión financiera estará más dispuesta a aceptar tarifas adecuadas).	- Entrevista DOH Regional: abordar la *"noción general de que el Estado tiene que financiar" y la dificultad de que la gente se conecte a un "agua pagada".* - Entrevista SISS Los Lagos: *"...en general los SSR cobran muy barato el agua..."*, es necesario realizar ajustes tarifarios, necesarios para la sustentabilidad, y saber justificar esos ajustes a la comunidad.
PRIORIDAD	BAJA
ACTORES INVOLUCRADOS	• SISS • Asociaciones APR • Municipios • SEREMI Salud • Fundaciones comunitarias
APLICABILIDAD EN SISTEMAS SANITARIOS RURALES DE EL ÁREA DE ESTUDIO	Manao, Rilán, Quilén, Queilén

H. PRODUCTIVIDAD SOCIAL E IMPACTO LOCAL

Objetivo: Busca que las medidas no solo mejoren la gestión del agua, sino que también potencien las actividades productivas y el bienestar social.

H1.	TALLERES Y ASESORÍA TÉCNICA EN SOLUCIONES DESCENTRALIZADAS DE SANEAMIENTO Y OPORTUNIDADES DE REÚSO Y VALORIZACIÓN DE AGUAS SERVIDAS/LODOS, REALIZADOS POR EXPERTOS QUE PARTICIPEN EN PROCESOS LICITATORIOS PARA TALES FINES
DESCRIPCIÓN	BRECHAS
Sistemas de tratamiento de aguas residuales.	i) Saneamiento: **D.1** (número considerable de fosas sépticas particulares y pozos negros, lo que representa una amenaza sanitaria y ambiental), **D.2** (las plantas de tratamiento de aguas servidas implican altos costos operacionales y costos que los SSR tienen que solventar, implicando limitaciones en el funcionamiento), **D.3** (Las redes del sistema de tratamiento de aguas servidas, al ser diseñadas para distribuir, y no para recolectar, no permite concentrar las aguas servidas para darles el debido tratamiento. En vez de eso, se vierten al terreno a través de pozos negros, o directamente a los cuerpos de agua. **D.4** (no hay conocimiento local suficiente sobre la implementación y operación de plantas de tratamiento - falta de personal capacitado en el tema).
PRIORIDAD	BAJA
ACTORES INVOLUCRADOS	• Fundación Senda Darwin

	• Humedal Chile • DOH – MOP • Empresas especializadas • Universidades
APLICABILIDAD EN SISTEMAS SANITARIOS RURALES DE EL ÁREA DE ESTUDIO	Pid Pid, Llau Llao, Villa Corcovado, Manao, Pupelde, Pindaco-Quitripulli, Rilán, Río Llolle, Auchac, Quilén

H2.	**PROGRAMAS DE SENSIBILIZACIÓN SOBRE USO RESPONSABLE DEL AGUA PARA ACTIVIDADES PRODUCTIVAS (AGRICULTURA, GANADERÍA, TURISMO)**
DESCRIPCIÓN	BRECHAS
	i) Cantidad de suministro: A.1.1 (captación insuficiente para la demanda estival), A.8.2 (uso del agua potable para fines que van más allá de los permitidos por la Ley 20.998). *Ver nota (**) en la medida F1.*
PRIORIDAD	BAJA
ACTORES INVOLUCRADOS	• INDAP • SAG • SEREMI Economía • Cámaras de Turismo • Asociaciones productivas
APLICABILIDAD EN SISTEMAS SANITARIOS RURALES DE EL ÁREA DE ESTUDIO	Pid Pid, Llau Llao, Villa Corcovado, Queilén, Manao, Coñimo, Tantauco, Calle, Pindaco-Quitripulli, Rilán, Auchac

H3.	**ASISTENCIA Y ORIENTACIÓN PARA SSR SOBRE GESTIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA HÍDRICA, EN EL CONTEXTO DE LOS PROCESOS DE PLANIFICACIÓN DEL DESARROLLO TERRITORIAL LLEVADOS A CABO POR EL GORE, MUNICIPIOS Y OTRAS ENTIDADES. Y GESTIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA HÍDRICA**
DESCRIPCIÓN	BRECHAS
	i) Cantidad de suministro: A.1.3 (infraestructura asociada al punto de captación es insuficiente para periodos de alta demanda), A.5.1 (capacidad o número de estanques insuficientes), A.8.1 (La existencia de arranques informales —y usuarios secundarios— representa una merma en la disponibilidad de agua, así como en la capacidad de control y registro de las directivas de los SSR). ii) Continuidad del suministro: C.4.3 (problemas de presión insuficiente en la red debido al crecimiento de las comunidades que abastecen los SSR).

PRIORIDAD	BAJA
ACTORES INVOLUCRADOS	• GORE Los Lagos • Municipios • DGA • SEREMI Medio Ambiente • Universidades
APLICABILIDAD EN SISTEMAS SANITARIOS RURALES DE EL ÁREA DE ESTUDIO	Pid Pid, Llau Llao, Villa Corcovado, Queilén, Pupelde, Pindaco-Quitripulli, Río Llolle, Auchac

6 FORTALECIMIENTO DE LA GESTIÓN COMUNITARIA DE LOS SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO

Este capítulo aborda la gestión comunitaria como un componente clave para la adaptación al cambio climático en los SSR del área de estudio, entendiendo que la resiliencia hídrica no depende únicamente de mejoras de infraestructura, sino también de las capacidades organizacionales, de gestión y de gobernanza local para anticipar, responder y sostener la continuidad del servicio en escenarios de mayor estrés hídrico. En coherencia con el objetivo del estudio, asociado a la generación de capacidades y a la identificación participativa de necesidades de capacitación y asesoría, el capítulo busca, por una parte, socializar y validar con los SSR los principales resultados del diagnóstico y la propuesta de medidas estructurales y no estructurales; y, por otra, recoger insumos a partir de la experiencia territorial para orientar un programa de capacitación y acompañamiento técnico pertinente al contexto insular.

6.1 PILOTO DE CAPACITACIÓN: VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA DE MEDIDAS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES PARA FORTALECER LAS CAPACIDADES ADAPTATIVAS DE LOS SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO.

Con el objetivo de diseñar un programa de capacitación y asesoría para los SSR del área de estudio, se realizó un piloto de capacitación mediante el cual se pudieron dar a conocer y transmitir a los equipos y directivas los contenidos del estudio en curso. Se realizaron tres talleres en Ancud, Castro y Quellón), en los cuales se capacitó sobre el cambio climático y sus efectos específicos en la Isla Grande de Chiloé, y se compartieron buenas prácticas para el manejo e implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza con potencial de adaptación en diversos contextos del archipiélago u otros contextos insulares.
A través de estos talleres se presentaron las brechas identificadas – a partir de las entrevistas en terreno – en materia de infraestructura, operación y funcionamiento, gestión comunitaria, administración y medidas de adaptación necesarias para hacer frente a los desafíos climáticos que ya se están manifestando en el área de estudio. Estas instancias permitieron la participación ampliada de los equipos de los SSR en el área de estudio, para validar las medidas sugeridas preliminarmente por el equipo consultor, recibir retroalimentación y acoger medidas no detectadas en los terrenos anteriores.

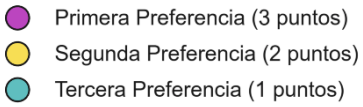
Los objetivos específicos abordados en los tres talleres

- Presentar los contenidos y hallazgos relacionados con la caracterización hidroclimática y territorial desarrollada en este estudio, así como la propuesta de medidas estructurales y no estructurales a partir de las entrevistas realizadas en terreno.
- Capacitar a los equipos y las directivas de los SSR del área de estudio respecto a los efectos del Cambio Climático en la Isla Grande de Chiloé, las tendencias de desarrollo y localización prospectiva de su población en el futuro.
- Presentar modelos y ejemplos de buenas prácticas de Soluciones Basadas en la Naturaleza, replicables y adaptables al contexto de los SSR del archipiélago de Chiloé.
- Habilitar un espacio de intercambio activo donde los equipos y directivas de los SSR puedan validar las propuestas de medidas estructurales y no estructurales presentadas, así como retroalimentar y presentar propuestas nuevas —que no hayan sido contempladas- a través de un proceso de evaluación y priorización de medidas.
- Fomentar el trabajo colaborativo -y en red- en de los SSR a nivel comunal e interinstitucional.

En los talleres se abordaron los siguientes contenidos:

- Presentación del Plan de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático para el Sector de Infraestructura para el horizonte 2025-2029 (definiciones, objetivos, focos estratégicos y principales acciones)
- Ejemplos de diseños resilientes y Soluciones Basadas en la Naturaleza.
- Metodología para incorporar CC en los Planes Maestros de Aguas Lluvias.
- Análisis de la integración del cambio climático en el Sistema Nacional de Inversiones (SNI) para el desarrollo de infraestructura resiliente y de baja emisión de carbono.
- Análisis de componentes arqueológicos y ambientales en infraestructura pública.
- Análisis de las medidas de adaptación al cambio climático para la SSR de la Isla Grande de Chiloé.

Esta actividad plenaria finalizó con un ejercicio de priorización de medidas.
Para ello, a cada participante se le dio la opción de votar usando 3 preferencias, teniendo cada una de ellas una puntuación que se explica a continuación:



6.2 RESULTADOS DEL EJERCICIO DE PRIORIZACIÓN DE MEDIDAS

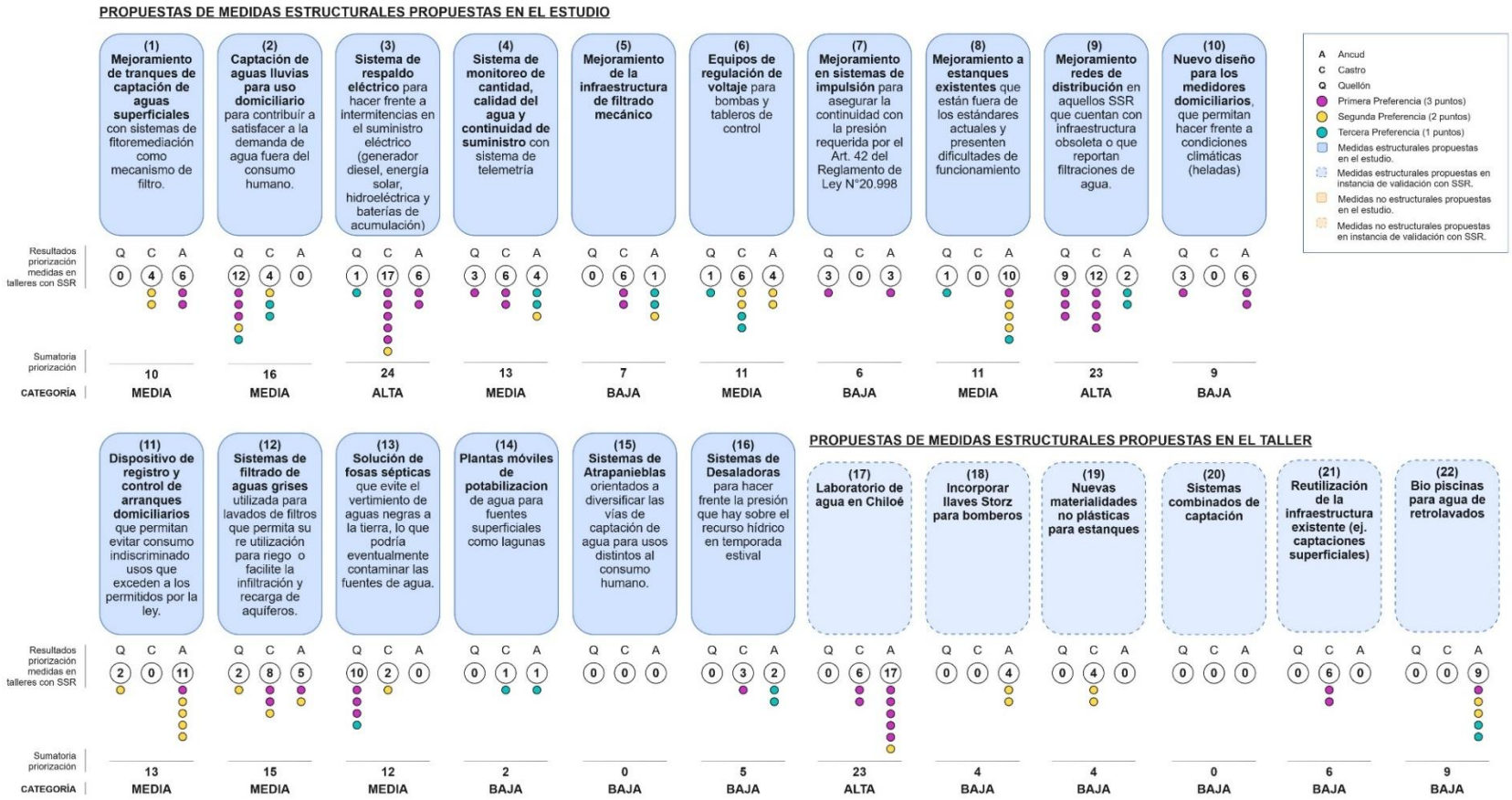


Figura 90. Ejercicio de priorización de propuesta de medidas estructurales. Fuente: elaboración Propia

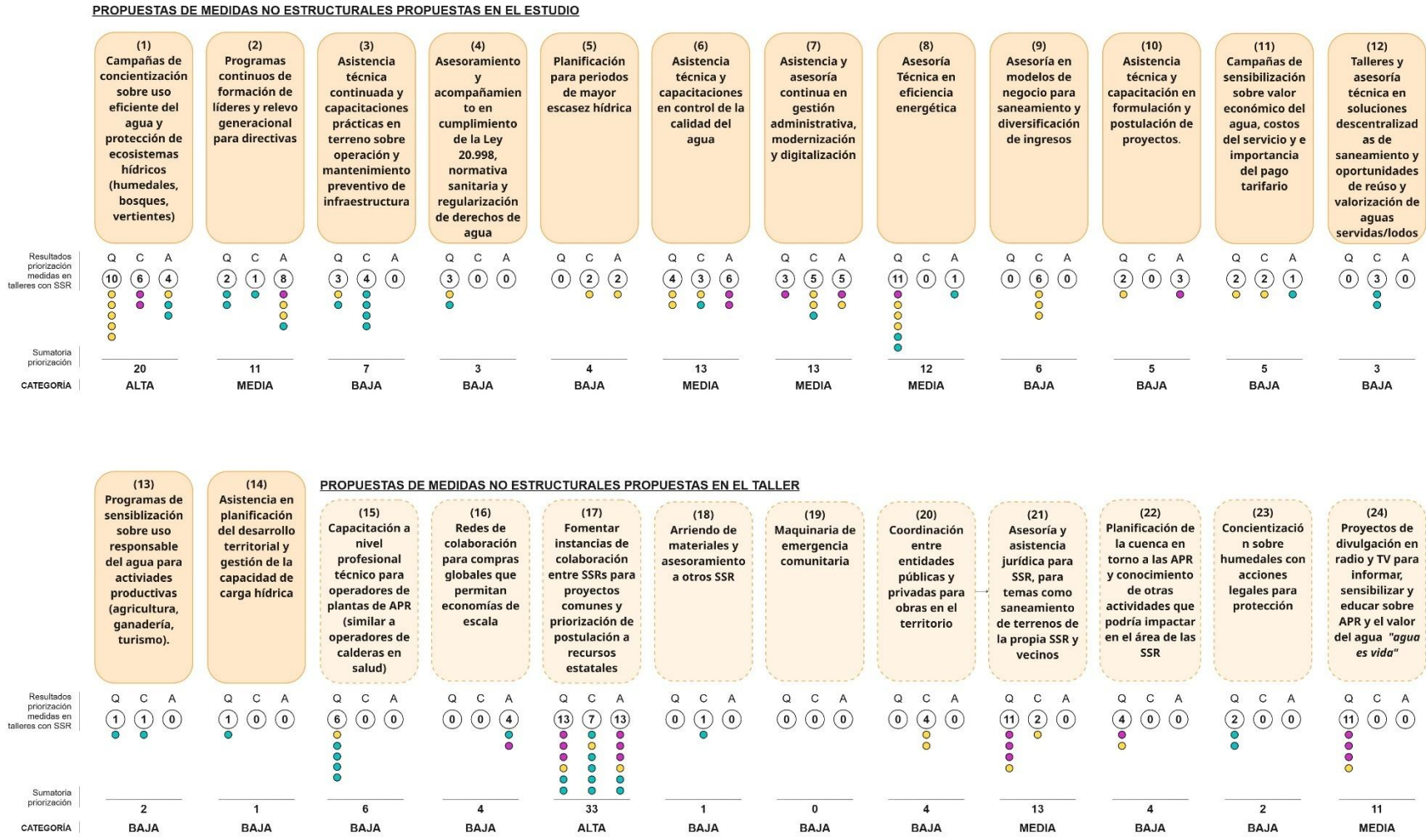


Figura 91. Ejercicio de priorización de propuesta de medidas no estructurales. Fuente: elaboración Propia

Tabla 63. Resultados priorización de medidas. Fuente: elaboración Propia

PRIORIZACIÓN DE MEDIDAS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES								
LUGAR	TIPO	#	MEDIDA	1RA	2DA	3RA	TOTAL	CAT
1	NO ESTRUCTURAL	17	Fomentar instancias de colaboración entre SSR	6	3	9	33	ALTA
2	ESTRUCTURAL	3	Sistema de respaldo eléctrico para hacer frente a intermitencias en el suministro eléctrico	7	1	1	24	ALTA
3	ESTRUCTURAL	9	Mejoramiento redes de distribución en aquellos SSR que cuentan con infraestructura obsoleta o que reportan filtraciones de agua.	7	0	2	23	ALTA
4	ESTRUCTURAL	17	Laboratorio de agua en Chiloé	7	1	0	23	ALTA
5	NO ESTRUCTURAL	1	Campañas de concientización sobre uso eficiente del agua y protección de ecosistemas hídricos	2	6	2	20	ALTA
6	ESTRUCTURAL	2	Captación de aguas lluvias para uso domiciliario para contribuir a satisfacer a la demanda de agua fuera del consumo humano.	3	2	3	16	MEDIA
7	ESTRUCTURAL	12	Sistemas de filtrado de aguas grises utilizada para lavados de filtros que permita su re utilización para riego o facilite la infiltración y recarga de aquíferos.	3	3	0	15	MEDIA
8	ESTRUCTURAL	4	Sistema de monitoreo de cantidad, calidad del agua y continuidad de suministro con sistema de telemetría	3	1	2	13	MEDIA
9	NO ESTRUCTURAL	21	Asesoría y asistencia jurídica para SSR, para temas como saneamiento de terrenos de la propia SSR y vecinos	3	2	0	13	MEDIA
10	NO ESTRUCTURAL	6	Asistencia técnica y capacitaciones en control de la calidad del agua	2	3	1	13	MEDIA
11	NO ESTRUCTURAL	7	Asistencia y asesoría continua en gestión administrativa, modernización y digitalización	2	3	1	13	MEDIA

PRIORIZACIÓN DE MEDIDAS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES								
LUGAR	TIPO	#	MEDIDA	1RA	2DA	3RA	TOTAL	CAT
12	ESTRUCTURAL	11	Dispositivo de registro y control de arranques domiciliarios que permitan evitar consumo indiscriminado y usos que exceden a los permitidos por la ley.	1	5	0	13	MEDIA
13	ESTRUCTURAL	13	Solución de fosas sépticas que evite el vertimiento de aguas negras a la tierra, lo que podría eventualmente contaminar las fuentes de agua.	3	1	1	12	MEDIA
14	NO ESTRUCTURAL	8	Asesoría Técnica en eficiencia energética	1	3	3	12	MEDIA
15	ESTRUCTURAL	8	Mejoramiento a estanques existentes	1	3	2	11	MEDIA
16	ESTRUCTURAL	6	Equipos de regulación de voltaje	0	4	3	11	MEDIA
17	NO ESTRUCTURAL	2	Programas continuos de formación de líderes y relevo generacional para directivas	1	2	4	11	MEDIA
18	NO ESTRUCTURAL	24	Proyectos de divulgación en radio y TV para informar, sensibilizar y educar sobre APR y el valor del agua *"agua es vida"*	3	1	0	11	MEDIA
19	ESTRUCTURAL	1	Mejoramiento de tranques de captación superficial	2	2	0	10	MEDIA
20	ESTRUCTURAL	10	Mejoramiento de diseño de medidores (condiciones climáticas)	3	0	0	9	BAJA
21	ESTRUCTURAL	22	Bio piscinas para tratamiento de agua de retrolavados	1	2	2	9	BAJA
22	ESTRUCTURAL	5	Mejoramiento de la infraestructura de filtrado mecánico	2	1	2	7	BAJA
23	NO ESTRUCTURAL	3	Asistencia técnica continuada y capacitaciones prácticas en terreno sobre operación y mantenimiento preventivo de infraestructura	0	1	5	7	BAJA
24	ESTRUCTURAL	7	Mejoramiento de sistemas de impulsión para asegurar requerimientos de presión	2	0	0	6	BAJA
25	ESTRUCTURAL	21	Reutilización de la infraestructura existente (ej. captaciones superficiales)	2	0	0	6	BAJA
26	NO ESTRUCTURAL	9	Asesoría en modelos de negocio para saneamiento y diversificación de ingresos	0	3	0	6	BAJA

PRIORIZACIÓN DE MEDIDAS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES								
LUGAR	TIPO	#	MEDIDA	1RA	2DA	3RA	TOTAL	CAT
27	NO ESTRUCTURAL	15	Capacitación a nivel profesional técnico para operadores de plantas de APR (similar a operadores de calderas en salud)	0	1	4	6	BAJA
28	ESTRUCTURAL	16	Sistema de desaladoras	1	0	2	5	BAJA
29	NO ESTRUCTURAL	10	Asistencia técnica y capacitación en formulación y postulación de proyectos.	1	1	0	5	BAJA
30	NO ESTRUCTURAL	11	Campañas de sensibilización sobre valor económico del agua, costos del servicio y e importancia del pago tarifario	0	2	1	5	BAJA
31	ESTRUCTURAL	18	Incorporar llaves Storz para bomberos	0	2	0	4	BAJA
32	ESTRUCTURAL	19	Nuevas materialidades no plásticas para estanques	0	2	0	4	BAJA
33	NO ESTRUCTURAL	5	Planificación para periodos de mayor escasez hídrica	0	2	0	4	BAJA
34	NO ESTRUCTURAL	16	Redes de colaboración para compras globales que permitan economías de escala	1	0	1	4	BAJA
35	NO ESTRUCTURAL	20	Coordinación entre entidades públicas y privadas para obras en el territorio	0	2	0	4	BAJA
36	NO ESTRUCTURAL	22	Planificación de la cuenca en torno a las APR y conocimiento de otras actividades que podría impactar en el área de las SSR	1	1	0	4	BAJA
37	NO ESTRUCTURAL	4	Asesoramiento y acompañamiento en cumplimiento de la Ley 20.998, normativa sanitaria y regularización de derechos de agua	0	1	1	3	BAJA
38	NO ESTRUCTURAL	12	Talleres y asesoría técnica en soluciones descentralizadas de saneamiento	0	0	2	2	BAJA
39	ESTRUCTURAL	14	Plantas móviles de potabilizacion	0	0	2	2	BAJA
40	NO ESTRUCTURAL	13	Programas de sensibilización sobre uso responsable del agua para actividades productivas.	0	0	2	2	BAJA

PRIORIZACIÓN DE MEDIDAS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES								
LUGAR	TIPO	#	MEDIDA	1RA	2DA	3RA	TOTAL	CAT
41	NO ESTRUCTURAL	23	Concientización sobre humedales con acciones legales para protección	0	0	2	2	BAJA
42	NO ESTRUCTURAL	14	Asistencia en planificación del desarrollo territorial y gestión de la capacidad de carga hídrica	0	0	1	1	BAJA
43	NO ESTRUCTURAL	18	Arriendo de materiales y asesoramiento a otros SSR	0	0	1	1	BAJA
44	ESTRUCTURAL	15	Sistemas de Atrapanieblas	0	0	0	0	BAJA
45	ESTRUCTURAL	20	Sistemas combinados de captación	0	0	0	0	BAJA
46	NO ESTRUCTURAL	19	Maquinaria de emergencia comunitaria	0	0	0	0	BAJA

6.3 DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO DE LAS NECESIDADES DE CAPACITACIÓN Y ASESORÍA DE LOS SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO.

A partir de la información obtenida a través del trabajo en terreno, así como de la información recopilada a través de las encuestas, se presentan a continuación las necesidades de capacitación y asesoría para el fortalecimiento de la gestión comunitaria de los SSR del área de estudio.

6.3.1 CAPACITACIONES ORIENTADAS A LAS DIRECTIVAS DE LOS SSR.

Se identifica la necesidad de realizar capacitaciones que provean y actualicen herramientas de gestión para las directivas de los SSR, particularmente en cuanto a instrumentos administrativos, educación financiera y uso de tecnología, y las herramientas de gestión y control que esta implementa para ordenar la información, tener un registro y hacer más eficiente la administración del sistema.

Dada la diversidad de niveles de conocimiento en los SSR del área de estudio, estas capacitaciones deben diseñarse de manera que ofrezcan diferentes contenidos para grupos de directivas con necesidades similares. A modo de ejemplo, se observó en terreno que en algunos SSR el desafío es básico, como pasar del registro en papel a un registro digital, y en otros los desafíos son sofisticados, en la línea del monitoreo a distancia o automatización de algunos procesos.

A modo de ejemplo, se adjunta el enlace al manual de gestión para APR desarrollado por Huella Local para la región del Biobío.

Asistencia técnica y capacitaciones en control de calidad de las aguas.

Se identifica en los terrenos que la mayor parte de los SSR tienen problemas asociados a la calidad del agua ya sea por sedimentos asociados a lluvias intensas, contaminación por elementos del entorno (algas, sal, minerales), contaminación por acción humana (pozos negros, contaminación de cauces, etc.) o alteraciones al sistema de cloración y filtrado del propio SSR.

De esto se desprende la necesidad de entregar herramientas a las directivas para llevar un control de la calidad del agua más allá de los requerimientos de la ley que fiscaliza la SISS, y les permita reaccionar a tiempo ante cualquier alteración a la calidad definida en la NCh 409/1 que pueda afectar la salud de la comunidad del SSR.

Esta asistencia técnica tendría como objetivo final instalar sensores de calidad en las SSR que puedan alertar en forma instantánea a las directivas en caso de problemas de calidad, y capacitar tanto en el uso y mantención de los sistemas como en las estrategias para reaccionar a los eventos y enfrentar las posibles causas de contaminación. Un ejemplo de implementación de sistemas de monitoreo digital en SSR se realizó con éxito en la región de La Araucanía, con fondos regionales y en colaboración con la academia.

Otra iniciativa que surgió en los talleres participativos y que se asocia a esta necesidad de asistencia técnica es la propuesta de implementar un laboratorio de agua en la Isla Grande (actualmente los SSR tienen que llevar las muestras a Puerto Montt). Esto evidencia la relevancia que el que el control de calidad del agua tiene para comunidades, y lo limitados que son los recursos tanto financieros como de tecnología. Un trabajo asociativo entre las directivas de los SSR podría acelerar la implementación de soluciones en esta línea, ya que tanto los laboratorios como las tecnologías de monitoreo se vuelven más viables y accesibles a medida que aumentan los SSR que las utilizan.

Asesoría y Asistencia Jurídica para los SSR para el saneamiento de títulos de propiedad de terrenos del SSR, socios y usuarios.

Esta es una de las iniciativas de asesoría técnica que surgió de los propios participantes de los talleres, ya que las directivas muchas veces no pueden resolver problemas de acceso a agua potable porque se requieren los documentos de título de propiedad para postular a recursos, otorgar arranques o para ejecutar obras del propio SSR en terrenos propios o de los socios.

Dado que en algunos sectores de Chiloé no se ha regularizado la propiedad de suelo, las soluciones técnicas no pueden ser implementadas, y los socios no tienen conocimiento o no tienen los recursos para realizar los trámites necesarios para sanear los títulos.

Asesoría Técnica En Eficiencia Energética

Uno de los mayores, y en muchos casos el mayor, costos de la producción de agua potable es la cuenta de la luz, ya que tanto las bombas como los sistemas de filtrado y cloración requieren una fuente constante de energía.

Los SSR se verían altamente beneficiados si pudieran evaluar la incorporación de estrategias de eficiencia energética, entendida como el conjunto de acciones que permiten optimizar la

relación entre la cantidad de energía consumida y la obtención de los servicios finales, sin disminuir su calidad. Esto se puede lograr mediante la implementación de medidas e inversiones en tecnología, gestión o hábitos culturales en la organización o la comunidad.
Un ejemplo de este tipo de asistencia técnica es el programa Agua Rural Solar de la Agencia de Sostenibilidad Energética que, mediante la asistencia técnica focalizada en gestión de la energía, aborda las brechas técnicas de los SSR para el diseño y formulación de proyectos de eficiencia energética y energías renovables y, además, busca complementar y potenciar sus capacidades en la operación y mantenimiento de este tipo de proyectos. A este programa las SSR deben postular con sus antecedentes técnicos para una evaluación específica y el desarrollo de un proyecto a nivel de prefactibilidad.

Asistencia Técnica Continuada Y Capacitaciones Prácticas En Terreno Sobre Operación Y Mantenimiento Preventivo De Infraestructura

Se identifica la necesidad de realizar capacitaciones específicas a los operadores de las SSR para abordar los problemas más recurrentes de los sistemas, lo que incluso se propuso resolver mediante espacios de intercambio de experiencias entre los mismos operadores de la isla, entre los que hay personas con mucha experiencia o equipos que han tenido que resolver problemas que pueden servir como ejemplo a otros SSR.
A su vez, se manifiesta la necesidad de abordar el mantenimiento y la operación los sistemas con un enfoque preventivo, que permita disminuir las fallas y costos asociados a la reparación de componentes. Esto, entre otros, incluye aspectos como:

- Lavado de estanques
- Lavar el interior del estanque cada seis meses.
- Desinfectar el estanque después del lavado.
- Realizar un lavado completo de la red de tuberías para eliminar suciedad acumulada.
  Revisión y mejora de infraestructura:
- Evaluar el estado de la infraestructura cada cinco años para identificar la necesidad de reparaciones o reemplazos.
- Renovar equipos obsoletos.
- Implementar nuevas tecnologías, como sistemas de telemetría para el monitoreo remoto.
  Planificación financiera:
- Incluir la evaluación del mantenimiento preventivo y correctivo en los informes financieros.
- Considerar las proyecciones de inversión futura en mantenimiento y modernización de equipos.

Capacitación a nivel profesional técnico para operadores de plantas de SSR (A través de entidades certificadoras)

Otra de las necesidades levantadas por los asistentes a los talleres es generar un sistema de capacitación certificada para operadores de SSR, tomando como referencia los requerimientos de certificación para operadores de calderas que establece el sistema de Salud.

Esta modalidad ha generado una diversidad de ofertas de capacitación impartidas por instituciones académicas y de educación técnica, que permiten acceder a una certificación mediante un examen de competencia que realiza la Seremi de Salud, o acreditando haber cursado los cursos y materias en una institución técnica reconocida.

Esta modalidad de operadores certificados podría mejorar el nivel de funcionamiento de los SSR en general y ofrecer a los operadores un nivel profesional que podría mejorar sus oportunidades laborales en los SSR de todo el país.

Asistencia Técnica Y Capacitación En Formulación Y Postulación De Proyectos

Una de las principales barreras que enfrentan los SSR para obtener financiamiento público especialmente para las obras de infraestructura que se requieren de cara a los efectos del cambio climático es la falta de capacidades locales para postular los proyectos al sistema nacional de inversiones.

A pesar de que existen actualmente varios cursos online gratuitos para postular a distintos fondos, dada la cantidad de SSR que hay en Chile y la dependencia que tienen actualmente del financiamiento público para las inversiones más relevantes, se justificaría impartir capacitaciones focalizadas a las directivas, que entreguen herramientas específicas para elaborar postulaciones bien fundamentadas que fortalezcan su autonomía y disminuyan la dependencia respecto de las SECPLAN municipales a la hora de levantar sus proyectos.

Se destacó también en los talleres que sería de gran utilidad poder trabajar asociativamente entre los SSR a nivel municipal, para poder organizar y priorizar la postulación a fondos públicos, ya que se manifestó que aquellos SSR que tienen directivas más robustas, tienen equipos capaces de hacer buenas postulaciones, mientras los SSR más vulnerables, y por ende con mayor necesidad de recursos públicos, generalmente tienen mayores dificultades para abordar los procesos de postulación y resolver sus problemas.

6.2.2. CAPACITACIONES ORIENTADAS A SOCIOS Y USUARIOS DE LOS SSR.

Campañas De Concientización Sobre Uso Eficiente Del Agua Y Protección De Ecosistemas Hídricos (Humedales, Bosques, Vertientes)

Una de las propuestas más votadas e los talleres fueron las capacitaciones orientadas a educar la comunidad del SSR sobre la importancia del cuidado del agua potable, promover cambios de comportamiento y fomentar la adopción de prácticas sostenibles, ya que la eficiencia en el uso de los recursos hídricos de un SSR depende en gran medida de cómo los usuarios hacen uso del agua potable que suministran.

Estas campañas deben orientarse a entregar consejos prácticos para un mejor uso y cuidado a nivel doméstico y recomendaciones para restingar o complementar con otras fuentes los usos distintos a los de consumo humano.

Estas capacitaciones debieran abordar la seguridad hídrica desde un enfoque de género considerando que, en territorios afectados por la escasez de agua potable, son las mujeres el principal grupo encargado en buscar soluciones para acceder al agua y gestionarla al interior de sus hogares (CR2, 2022). Trabajar con las mujeres de la comunidad tiene el potencial de llegar con información relevante a quienes tienen la capacidad de modificar las prácticas diarias, y a su vez de generar una red para compartir saberes y soluciones que se aplican a nivel domiciliario en el área.

Por otra parte, estas capacitaciones debieran explicar en forma clara el ciclo del agua y la necesidad de proteger los elementos del ecosistema que proveen o retienen agua (humedales, bosques, vertientes) para evitar la escasez estival que enfrenta Chiloé, reconociendo idealmente elementos específicos en el entorno de cada SSR y enseñando a la comunidad cuales son las medidas concretas que se pueden poner en marcha para proteger estos recursos.

Programas Continuos De Formación De Líderes y Relevo Generacional Para Las Directivas

Tanto en las visitas a terreno como en la conversación con las directivas se destacó la dificultad de renovar las directivas y de inculcar en los miembros más jóvenes de la comunidad el interés por participar de la gestión del agua potable.

De esta dificultad se desprende la oportunidad de generar programas de formación que puedan transmitir a los integrantes de las comunidades de los SSR la relevancia de generar liderazgos con foco en la administración y cuidado de los recursos naturales, ofreciendo

contenidos multidisciplinares que les permitan desarrollar capacidades con valor no sólo para integrar las directivas, si no para otros ámbitos de desarrollo laboral.

Los contenidos que proponemos para estos programas de capacitación para futuros directivos de SSR abordan ámbitos atractivos y diversos como liderazgo comunitario, gestión medioambiental, finanzas, administración, tecnología y gestión pública.

- Formación de Líderes y Facilitadores Sociales: contenidos orientados a fortalecer las capacidades de los jóvenes para que se conviertan en agentes de cambio en sus comunidades.
- Educación ambiental y de gestión para la sostenibilidad: Contenidos orientados a entender los procesos ecosistémicos, el valor social y económico del medioambiente y a dar herramientas de gestión ambiental
- Administración y finanzas: herramientas como la planificación y control presupuestario, y la interpretación de estados financieros.
- Operación de un SSR: Contenidos que permitan entender el sistema de captación, potabilización y distribución de agua de un SSR
- Gestión Pública: Capacitación general para la postulación a financiamiento público de proyectos.

Un programa de capacitación atractivo para jóvenes podría ser un vehículo para mejorar la cohesión comunitaria y la participación en la administración y cuidado de los sistemas.

Diseño e implementación de un programa de capacitación y asesoría para los SSR del área de estudio.

En el marco del estudio, se realizó un piloto de capacitación a través del cual se pudiera dar a conocer y transmitir a los equipos y directivas de los SSR los contenidos del estudio en curso, capacitar sobre cambio climático y sus efectos específicos en la Isla Grande de Chiloé y compartir buenas prácticas en el manejo e implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza pertinentes con potencial de adaptación en diversos contextos del archipiélago u otros contextos insulares.

A través de estos talleres se presentaron las brechas identificadas – a partir de las entrevistas en terreno a los administradores y operarios de los SSR- en materia de infraestructura, operación y funcionamiento, gestión comunitaria, administración y medidas de adaptación necesarias para poder hacer frente a los desafíos climáticos que ya se están manifestando en el área de estudio. Las brechas se asocian principalmente a tres ámbitos: (1) escasez del

recurso hídrico en el periodo estival, (2) deterioro de la infraestructura y (3) limitaciones en la gestión administrativa y operacional.

A su vez, esta instancia permitió la participación de los equipos de los SSR, para validar las medidas sugeridas preliminarmente en el estudio, dar retroalimentación y proponer medidas no detectadas que puedan dar respuesta a las brechas estructurales y no estructurales.

Participaron autoridades regionales y nacionales del MOP y DOH de Los Lagos, como el director regional DOH; Patricio Meneses; Luis Fredes, Ingeniero de la DOH para la Isla Grande de Chiloé; el jefe de la División de Desarrollo Sostenible de la DGOP, Daniel Bifani; la Jefatura de la División de Infraestructura Sostenible de la Dirección General de Obras Públicas - MOP, Evelyne Medel y sus equipos de trabajo. También participó en los talleres Mariana del Río, consultora especialista en Cambio Climático por parte del Banco Interamericano de Desarrollo. Esta cercanía de las autoridades hacia los equipos y directivas de los SSR tuvo buena recepción, lo que favoreció una participación y gran apertura a la hora de validar las propuestas de medidas y dar su voto de priorización y retroalimentación.

6.4 HOJA DE RUTA DE LAS PROPUESTAS PRIORIZADAS

Este capítulo desarrolla una propuesta de hoja de ruta a corto, mediano y largo plazo para la implementación gradual de las medidas estructurales y no estructurales propuestas y priorizadas en el área de estudio, incorporando fuentes potenciales de financiamiento y actores relevantes para su implementación.
Para ello, se establecen los horizontes temporales de la siguiente manera:

- Corto plazo: 0–12 meses (acciones habilitantes y estudios de preinversión).
- Mediano plazo: 1–3 años (inversiones de complejidad media y escalamiento).
- Largo plazo: 3–6+ años (obras mayores, cambios estructurales y consolidación).

La Hoja de Ruta se estructura en torno a:

1) Medidas estructurales de infraestructura;
2) Medidas no estructurales de fortalecimiento de gestión, capacidades y resiliencia; y
3) Un piloto demostrativo (SbN + soluciones híbridas) para un SSR seleccionado como caso de estudio.

A continuación, se agrupan las propuestas de medidas en relación con el horizonte temporal, tomando en consideración el ejercicio de priorización realizado con los representantes de los SSR, la retroalimentación de la contraparte y las implicancias de cada una de las iniciativas en términos de costos, requerimientos técnicos y adquisición de terrenos.

Tabla 64. Definición de horizontes para la hoja de ruta

Corto plazo (0–12 meses)	Mediano plazo (1–3 años)	Largo plazo (3–6+ años)
• Activación de medidas no estructurales (E–H): capacitación, asistencia técnica, digitalización y cumplimiento normativo. • Preinversión: levantamientos, diagnósticos específicos y perfiles SNI para obras prioritarias. • Acciones rápidas para la continuidad y la calidad: respaldo eléctrico, mejoras de cloración y filtración, control de la intrusión salina, análisis externos. • Piloto SbN + solución híbrida (Manao): cosecha de lluvias, retención de aguas arriba, energía solar y gestión adaptativa.	• Ejecución de inversiones de complejidad media: mejoras de tratamiento, redes y almacenamiento; mejoras de captaciones superficiales/subterráneas; laboratorio de agua. • Escalamiento del piloto y réplica a otros SSR con condiciones similares. • Consolidación de modelos tarifarios, de eficiencia energética y de planes de contingencia.	• Obras mayores: nuevos pozos y conducciones, soluciones de saneamiento, desalinización o captaciones alternativas (según la factibilidad). • Intervenciones territoriales de mayor escala (restauración y manejo de microcuencas) con financiamiento plurianual. • Fortalecimiento institucional permanente y monitoreo a largo plazo.

Potenciales fuentes de financiamiento:

Las fuentes se proponen de manera indicativa y deben ajustarse según el tipo de intervención y el monto:

- MOP – Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) / Subdirección SSR: formulación y ejecución de obras de infraestructura sanitaria rural.
- Fondo Presidente de la República (Ministerio del Interior y Seguridad Pública): financia obras de mejoramiento de Sistemas de Agua Potable Rural.
- Gobierno Regional (FNDR) y/o FIC-R: cofinanciamiento de proyectos de inversión y de programas de fortalecimiento de capacidades.
- SUBDERE (PMB/PMU u otras líneas): apoyo a infraestructura de menor magnitud, equipamiento y programas municipales asociados.
- SEREMI Salud / MINSAL: apoyo a acciones de control sanitario, capacitación y fortalecimiento de las capacidades en calidad del agua.
- MMA/CONAF, fondos climáticos y cooperación internacional (GEF/CF, fundaciones): restauración, SbN y adaptación climática.
- Aportes propios de SSR (tarifa) y convenios con privados (RSE/compensaciones/alianzas): cofinanciamiento de equipamiento menor, de eficiencia energética y de campañas.
- Fondos Presidente de la República, del Ministerio del Interior y Seguridad Pública.

- Fondos privados de empresas, ONG's y/o Fundaciones, a través de programas como por ejemplo:
    - "Desafío Agua para Chile" de Fundación Desafío Levantemos Chile + CMPC; que ha beneficiado a más de 5,000 familias con soluciones de agua potable, en comunidades que dependen de los camiones aljibe para resolver la demanda de acceso al agua.
    - "Aliados por Chile", The Coca - Cola Compnay + Fundación Avina + Fundación Chile; benefició directamente a casi 10.000 personas con más de 17.000 m3 de agua a través de SbN en María Pinto.

Tabla 65. Tabla resumen de priorizaciones acordadas en taller de validación de medidas.

#	TIPO	MEDIDA	CLUSTER	PRIORIDAD	DISEÑO (HORIZONTE)	DISEÑO (MESES)	EJECUCIÓN (HORIZONTE)	EJECUCIÓN (MESES)	ACTORES
1	Estructural	Mejoramiento De Los Tranques De Captación De Aguas Superficiales	Cantidad, Calidad y Continuidad	MEDIA	Mediano (8 a 18 meses)	8–18	Largo (18 a 48 meses)	18–48	Dirección de Obras Hidráulicas (DOH – MOP); DGA Los Lagos; Gobierno Regional (División Infraestructura); Municipios (Secplan / Agua); Empresas de ingeniería (Hidrogestión, IV Ingeniería)
2	Estructural	Captación De Aguas Lluvias Para Uso Domiciliario	Cantidad y Continuidad	MEDIA	Corto	1–4	Corto	1–9	DOH – MOP; Municipios; Fundación Amulén; Empresas especializadas (Najar / Gessan); Asociaciones APR
3	Estructural	Sistema De Respaldo Eléctrico	Cantidad, Calidad y Continuidad	ALTA	Corto	1–4	Corto	1–9	Saesa; DOH – MOP; Municipios; CORFO; Empresas técnicas eléctricas
4	Estructural	Sistema De Monitoreo De Cantidad, Calidad Del Agua Y Continuidad De Suministro	Cantidad, Calidad y Continuidad	MEDIA	Corto/Medio	4–10	Mediano	6–24	SISS; SEREMI de Salud; DOH – MOP; Inacap / Universidades; Empresas tecnológicas SSR
5	Estructural	Mejoramiento De La Infraestructura De Filtrado Mecánico	Calidad	BAJA	Corto/Medio	4–10	Mediano	6–24	DOH – MOP; SISS; SEREMI Salud; Empresas sanitarias (Najar, Gessan); Asociaciones APR
6	Estructural	Equipos De Regulación De Voltaje	Calidad y Continuidad	MEDIA	Mediano	8–18	Largo	18–48	Saesa; DOH – MOP; Municipios; Empresas eléctricas especializadas; Asociaciones APR
7	Estructural	Mejoramiento En Sistemas De Impulsión	Cantidad y Continuidad	BAJA	Mediano	8–18	Largo	18–48	DOH – MOP; Empresas de ingeniería sanitaria; Municipios; GORE Los Lagos; SISS
8	Estructural	El Mejoramiento De Estanques De Regulación Existentes	Cantidad y Continuidad	MEDIA	Corto/Medio	4–10	Mediano	6–24	DOH – MOP; Gobierno Regional; Municipios; Empresas de ingeniería SSR; Asociaciones APR
9	Estructural	Mejoramiento De Redes De Distribución	Cantidad y Continuidad	ALTA	Corto/Medio	4–10	Mediano	6–24	DOH – MOP; Municipios; GORE; Empresas de obras sanitarias; Asociaciones APR
10	Estructural	Nuevo Estándar De Diseño Para Los Medidores Domiciliarios	Continuidad	BAJA	Corto/Medio	4–10	Mediano	6–24	SISS; DOH – MOP; SEREMI Salud; Universidades / Centros técnicos; Asociaciones APR
11	Estructural	Instalación De Dispositivos De Registro Y Control En Arranques Domiciliarios	Cantidad y Continuidad	MEDIA	Mediano	8–18	Largo	18–48	SISS; DOH – MOP; Municipios; Empresas tecnológicas SSR; Asociaciones APR
12	Estructural	Diseño De Sistema De Filtrado De Aguas Grises	Cantidad y Saneamiento	MEDIA	Mediano	8–18	Largo	18–48	DOH – MOP; SEREMI Medio Ambiente; Fundación Senda Darwin; Empresas especializadas; Universidades

#	TIPO	MEDIDA	CLUSTER	PRIORIDAD	DISEÑO (HORIZONTE)	DISEÑO (MESES)	EJECUCIÓN (HORIZONTE)	EJECUCIÓN (MESES)	ACTORES
13	Estructural	Solución De Fosas Sépticas	Calidad y Saneamiento	MEDIA	Corto	1–4	Corto	1–9	DOH – MOP; SEREMI Salud; Municipios; Empresas sanitarias; Fundación Senda Darwin / Humedal Chile
14	Estructural	Sistemas Móviles De Potabilización	Calidad	BAJA	Corto	1–4	Corto	1–9	DOH – MOP; SENAPRED; Municipios; Empresas sanitarias; Suralis
15	Estructural	Sistemas De Atrapanieblas	Cantidad y Continuidad	BAJA	Corto	1–4	Corto	1–9	Fundación Lepe; Fundación MERI; Universidades; Municipios; Organizaciones comunitarias
16	Estructural	Sistemas De Desaladoras De Escala Pequeña	Cantidad y Continuidad	BAJA	Corto	1–4	Corto	1–9	DOH – MOP; CORFO; Empresas especializadas (Najar, Gessan); Municipios; SISS
17	Estructural	Laboratorio De Agua En Chiloé	Calidad	ALTA	Corto/Medio	4–10	Mediano	6–24	SEREMI Salud; Universidades; SISS; DOH – MOP; Gobierno Regional
18	Estructural	Incorporación De La Llave Storz En Los Manuales De Diseño	Continuidad	BAJA	Corto	1–4	Corto	1–9	DOH – MOP; SENAPRED; Bomberos; SEREMI MOP; Municipios
2	No estructural	Programas continuos de formación de líderes y de relevo generacional para directivas.	Fortalecimiento de capacidades locales	MEDIA	Corto	1–3	Corto	6–36	Subdirección SSR/DOH; Municipios; SISS/Seremi; Universidades (según medida)
3	No estructural	Asistencia técnica continuada y capacitaciones prácticas en terreno sobre operación y mantenimiento preventivo de infraestructura (15 SSR).	Fortalecimiento de capacidades locales	BAJA	Corto	1–3	Corto	6–36	Subdirección SSR/DOH; Municipios; SISS/Seremi; Universidades (según medida)
4	No estructural	Asesoramiento y acompañamiento integral en cumplimiento de la Ley 20.998, normativa sanitaria y regularización de derechos de agua	Fortalecimiento de capacidades locales	BAJA	Corto	1–3	Corto	6–36	Subdirección SSR/DOH; Municipios; SISS/Seremi; Universidades (según medida)
1	No estructural	Campañas de concientización sobre el uso eficiente del agua y protección de ecosistemas hídricos	Resiliencia y Sostenibilidad ambiental	ALTA	Corto	1–3	Corto	6–36	Subdirección SSR/DOH; Municipios; SISS/Seremi; Universidades (según medida)
5	No estructural	Planificación para periodos de mayor escasez hídrica	Resiliencia y Sostenibilidad ambiental	BAJA	Corto	1–3	Corto	6–36	Subdirección SSR/DOH; Municipios; SISS/Seremi; Universidades (según medida)
6	No estructural	Asistencia técnica y capacitaciones en control de la calidad del agua	Resiliencia y Sostenibilidad ambiental	MEDIA	Corto	1–3	Corto	6–36	Subdirección SSR/DOH; Municipios; SISS/Seremi; Universidades (según medida)
7	No estructural	Asistencia y asesoría continua en gestión administrativa, modernización y digitalización	Gestión, administración y	MEDIA	Corto	1–3	Corto	6–36	Subdirección SSR/DOH; Municipios; SISS/Seremi; Universidades (según medida)

#	TIPO	MEDIDA	CLUSTER	PRIORIDAD	DISEÑO (HORIZONTE)	DISEÑO (MESES)	EJECUCIÓN (HORIZONTE)	EJECUCIÓN (MESES)	ACTORES
			sostenibilidad económica						
8	No estructural	Asesoría técnica en eficiencia energética	Gestión, administración y sostenibilidad económica	MEDIA	Corto	1–3	Corto	6–36	Subdirección SSR/DOH; Municipios; SISS/Seremi; Universidades (según medida)
9	No estructural	Asesoría en modelos de negocio para saneamiento y diversificación de ingreso	Gestión, administración y sostenibilidad económica	BAJA	Corto	1–3	Corto	6–36	Subdirección SSR/DOH; Municipios; SISS/Seremi; Universidades (según medida)
10	No estructural	Asistencia técnica y capacitación en formulación y postulación de proyectos	Gestión, administración y sostenibilidad económica	BAJA	Corto	1–3	Corto	6–36	Subdirección SSR/DOH; Municipios; SISS/Seremi; Universidades (según medida)
11	No estructural	Campañas de sensibilización sobre el valor económico del agua, los costos del servicio y la importancia del pago tarifario	Gestión, administración y sostenibilidad económica	BAJA	Corto	1–3	Corto	6–36	Subdirección SSR/DOH; Municipios; SISS/Seremi; Universidades (según medida)
12	No estructural	Talleres y asesoría técnica en soluciones descentralizadas de saneamiento	Productividad social e impacto local	BAJA	Corto	1–3	Corto	6–36	Subdirección SSR/DOH; Municipios; SISS/Seremi; Universidades (según medida)

7 PROPUESTA DE MEDIDA DE PROTECCIÓN DE FUENTES DE AGUA Y SUS CUENCAS HIDROGRÁFICAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO, CON PERSPECTIVA DE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA (SbN).

En línea con los requerimientos del estudio, el presente capítulo aborda la protección de cuencas y sus respectivas fuentes de agua, a partir de medidas que se diseñan bajo el enfoque de las Soluciones basadas en la Naturaleza. Para ello, esta sección incluye un estudio de benchmark nacional e internacional de SbN que responden a los desafíos que enfrenta el territorio insular del Archipiélago de Chiloé, en el entendido que uno de los propósitos de la propuesta de medidas, es que cumplan con la condición de replicabilidad, tanto en el contexto insular como en otros contextos a lo largo del país. A continuación, se identifican los ecosistemas estratégicos desde el punto de vista de la capacidad de regulación hídrica de ciertos sistemas naturales, como bósques, humedales y turberas.
Finalmente, se da cuenta del proceso de elección del SSR —dentro del área de estudio— en el que se desarrollará el perfil de proyecto de SbN para la protección de fuentes de agua.

7.1 ANÁLISIS DE CASOS DE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA -NACIONAL E INTERNACIONAL-, APLICABLES A SSR EN CONTEXTO INSULAR.

La presente revisión se desarrolló con base en el estándar PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Page et al., 2021), siguiendo un proceso estructurado de identificación, selección y elegibilidad, complementado con el marco PICOS *(Population, Intervention, Comparison, Outcomes and Study)* para definir los criterios analíticos. El objetivo fue sistematizar evidencia sobre servicios de agua y saneamiento rural, adaptación al cambio climático y Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) en territorios rurales e insulares, con énfasis en la Isla Grande de Chiloé y contextos análogos en América Latina. Las etapas fueron las siguientes:

7.1.1 IDENTIFICACIÓN FUENTES DE INFORMACIÓN

Se consultaron bases de datos académicas de alta relevancia y repositorios de literatura gris:

- Scopus, Web of Science, SciELO, Google Scholar
- Repositorios de organismos multilaterales (BID, CEPAL, FAO, UNESCO, Banco Mundial)
- Repositorios institucionales nacionales (MOP, DOH, Subdere, MMA)
- Tesis universitarias, informes técnicos, documentos de consultoría y reportes de programas públicos.

7.1.2 ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

Se utilizaron combinaciones booleanas que integran dimensiones de servicios de agua rural, cambio climático, adaptación y SbN, así como el enfoque territorial insular:

("Rural Sanitation Services" OR "Rural Water Supply Systems" OR "Community-managed Water Systems")

AND ("Climate Change" OR "Water Scarcity" OR "Drought") AND ("Adaptation" OR "Resilience" OR "Nature-based Solutions" OR "Ecosystem-based Adaptation" OR "Water Governance" OR "Hydric Resilience" OR "Operational Sustainability") AND ("Chile" OR "Chiloé Island" OR "Rural Areas" OR "Island Communities" OR "Small Islands" OR "Insular Rural Areas").

7.1.3 SELECCIÓN

A) Criterios de inclusión:

Idiomas: español, inglés, francés y portugués.

Tipo de publicación: artículos revisados por pares, tesis, informes técnicos, literatura gris gubernamental o institucional.

Cobertura temporal: 2010–2025, con apertura ampliada hasta 2005–2007 cuando la pertinencia histórica lo justifica (p. ej., planes reguladores, políticas y documentos estructurales del agua rural), debido principalmente a las siguientes razones:

- Las SBN comienzan a consolidarse conceptualmente entre 2008–2010, tras su introducción por la IUCN, y adquieren formalidad operativa con su incorporación en el Convenio de Diversidad Biológica (CBD, 2012) y, posteriormente, en la Agenda 2030.
- Desde 2010, los efectos de la crisis hídrica y del cambio climático se intensifican en zonas rurales e insulares, lo que impulsa nuevas aproximaciones a la resiliencia hídrica (Ocampo-Melgar et al., 2022; Delgado et al., 2015; Milly et al., 2015).
- En agua y saneamiento rural, la última década registra una evolución acelerada en tecnologías de captación descentralizada, tratamiento, automatización y monitoreo, en parte derivada de innovaciones del sector agrícola bajo condiciones de sequía prolongada (Cameira & Santos Pereira, 2019; Miao, 2020).
- En Chile y América Latina, gran parte de las reformas de agua rural se fortalecen durante este periodo (Hearne & Donoso, 2014; Minatta & Basani, 2020), coincidiendo con hitos normativos y de infraestructura relevantes para Chiloé:
- PRCs: Ancud (1996, 2000, 2009, 2015), Castro (2007), Quellón (2005).
- Inauguración del aeródromo de Mocopulli (2012), que habilita mayor conectividad, logística y información territorial.

B) Criterios de exclusión:

- Estudios exclusivamente urbanos que no sean posibles de aplicar al contexto rural
- Publicaciones sin disponibilidad de texto completo.
- Estudios que aborden solo los impactos climáticos, sin incluir componentes de adaptación, de gestión del agua o de SbN.
- Países altamente desarrollados, cuando el contexto no es comparable con los modelos de gestión comunitaria rural.

7.1.4 ELEGIBILIDAD

La elegibilidad de los estudios se evaluó según el marco PICOS (Richardson et al., 1995), lo que permitió asegurar la coherencia entre los documentos seleccionados y los objetivos de la revisión. Los que se definen a continuación:

P (Población): Servicios Sanitarios Rurales (SSR) en territorios rurales e insulares, especialmente en la Isla Grande de Chiloé, Chile; incluye estudios comparables en islas pequeñas, archipiélagos o zonas rurales de LATAM.

I (Intervención): Medidas de adaptación al cambio climático basadas en Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN): restauración de humedales, reforestación, manejo de cuencas, protección de fuentes, infraestructura verde, prácticas ecosistémicas de regulación hídrica.

C (Comparación): Comparación entre SSR con y sin la implementación de SbN, o entre diferentes estrategias adaptativas bajo condiciones de estrés hídrico.

O (Outcomes): Evidencia sobre la resiliencia hídrica, la sostenibilidad operativa, la eficacia y el desempeño de SbN, y las mejoras en la gobernanza y la gestión local del agua.

S (Study design): Estudios de caso, análisis cualitativos, artículos empíricos, revisiones bibliográficas, informes técnicos, documentos gubernamentales y literatura gris.

7.1.5 SÍNTESIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Una vez completadas las etapas de identificación, selección y elegibilidad según PRISMA y PICOS, se procedió a sistematizar y analizar los estudios incluidos. Esta fase contempla dos niveles complementarios de presentación:

(1) la visión panorámica de todos los casos identificados, y

(2) el análisis detallado de los casos más aplicables al contexto rural-insular de Chiloé.

7.1.6 PRESENTACIÓN GENERAL DE LOS CASOS IDENTIFICADOS

En primera instancia, se elaboró un inventario exhaustivo de todos los casos que cumplen los criterios de inclusión previamente definidos. Estos casos se organizan en la tabla x, la cual consolida para cada estudio o experiencia:

- Referencia

- Tipo de intervención o medidas de adaptación aplicadas
- País/región.
- Tipo de SbN
- Aplicabilidad en Chiloé

Esta tabla permite visualizar el universo completo de experiencias relevantes, facilitar la trazabilidad del proceso de revisión y respaldar la selección posterior de casos prioritarios.

Tabla 66. Síntesis casos identificados. Fuente: elaboración Propia

REF	Intervención	País	SbN	Retenida / Razón de exclusión
Opti, 2025a	NBS Pond Retention/Purification Network	Montgomery USA	Red Controlada por Sensores Remotos de Estanques/Alcantarillas	SI
Opti, 2025b	Cistern water storage / reuse & NBS purification	Watertown USA	Stormwater	No - Urbano
Opti, 2025c)	Small Pond NBS network with telemetric valve control	Maryland USA	Flood adaptation	No – Costos
Natural systems utilities, 2024a	NBS wastewater sanitary treatment / irrigative reuse	New Jersey USA	Stormwater	
Natural systems utilities, 2024b	NBS decentralized sanitary treatment / irrigative reuse	California USA	Irrigative reuse / filtración	No - urbano
Natural systems utilities, 2024c	Sanitary Treatment/ Irrigative Reuse + NBS Heat Recovery	Fort McMurray Canada	Irrigative reuse	No-urbano
United states environmental protection, 2025	Household sanitation + graywater reuse retrofit	Alaska - USA	Graywater reuse	No-urbano
Opti, 2025d	City Wide adaptative telemetry & Pond control water quality	Virginia USA	Red de estanques de infiltración controlada por telemetría sensorial	Si
Opti, 2025e)	Port NBS retrofit (compact) for improved water quality	Florida USA	retrofit	No – urbano
Natural systems utilities, 2024d	Sanitary treatment facility NBS retrofit / expansion	New Jersey USA	wastewater	No - urbano
Liu, L., Dobson, B., & Mijic, A. (2023).	Optimisation of urban-rural nature-based solutions for integrated catchment water management	Norfolk region UK	Gestion del agua en cuencas	SI
Martín Dato et al., 2023	Treatment wetlands in Embera indigenous communities (Colombia), are they Nature-based Solutions	Embera, Colombia	humedales	Si
González et al., 2025	Rainwater Harvesting for Well Recharge and Agricultural	Región de Biobio, Chile	Sistema de captación de agua	Si

REF	Intervención	País	SbN	Retenida / Razón de exclusión
	Irrigation: An Adaptation Strategy to Climate Change in Central Chile			
Herrera-Franco et al., 2024	Water Sowing and Harvesting (WS&H) for Sustainable Management in Ecuador: A Review	Ecuador	Recarga de acuíferos	No – no hay caso real
Castro et al., 2020	The analysis of green roof's runoff volumes and its water quality in an experimental study in Porto Alegre, Southern Brazil	Porto Alegre, Brasil	Recolección de aguas lluvias	No - rural
Acosta et al., 2023	Biophysical Benefits Simulation Modeling Framework for Investments in Nature-Based Solutions in São Paulo, Brazil	Sao Paulo	Seguridad hídrica	No – no hay caso real
Acuña et al., 2023	Development of a decision-support system to select nature-based solutions for domestic wastewater treatment	California, USA	Humedales, aguas residuales	SI
Mubi Zalaznik, A., Brodnik, U., & Pugelj, A. (2023).	Nature-based solutions for integrated local water management.	-	Wastewater	No – es revisión de ejemplos
Sousa et al., 2024	Effluent quality and reuse potential of wastewater treated in constructed wetlands in Southern Brazil	Brasil	Humedales	Si
Frêne et al., 2022	Escasez de agua en Chiloé: la Red Participativa de Agua como solución para el sector rural.	Chiloé - CHILE	Infraestructura verde	SI
El desconcierto, 2025a	Proyecto Paisaje de retención de aguas	María Pinto, CHILE	Infraestructura verde	Si
Fundación Chile, (2025)	Técnicas ancestrales para el cuidado del agua	María Pinto, Curacaví, Pangue, CHILE	Infraestructura verde	No
El desconcierto, 2025b	Bosque hundido	Valdivia, Chile	Infraestructura verde	No
Climate tracker Latam (2024)	Sistema de captación de aguas lluvias Escuela rural Paraguay	Frutillar, Chile	Captación de agua lluvias	Si
Colegio de ingenieros agrónomos (sf)	Recarga de acuíferos: primer piloto de filtración	Valparaíso, Chile	Recarga gestionada de acuíferos	No – la escala no es adaptable
Diario Financiero, (2021)	Humedales artificiales	Región del Biobio	Humedales artificiales	No
Palomeque et al., (2025)	Análisis del desempeño hidráulico y calidad de agua en juntas administradoras de agua potable	Guapán, Azoguez, Ecuador	Infraestructura verde	Si

REF	Intervención	País	SbN	Retenida / Razón de exclusión
Universidad de los Andes, (2009)	Filtración lenta de arena	Magdalena, Colombia	Biofiltración de aguas	Si
El País (2025)	Cosecha de agua lluvia en Wizarika	Mezquitic, México	Captación de agua lluvia	Si
Water for People, 2021	Impactos de Cobertura Total de Agua en Comunidades Rurales de Guatemala: Caso Comunidad Llano Grande, San Andrés Sajcabajá Quiché	San Andrés Sajcabajá Quiché, Guatemala	Captación de agua lluvia	No
Falk, et al., (2022)	Suministro de agua potable en el África rural basado en un sistema de energía de minired	Kibumba, Tanzania	Captación de aguas lluvias - EnR	Sí
Humedal Chile Ficha 49	HUMEDAL ARTIFICIAL I. MUNICIPALIDAD DE CURACO De Velez	Chiloé, Chile	Humedal	Si
Universidad de Concepción, 2023	Proyecto UdeC permite abastecer de agua potable a familias de la Isla Cheniao, en Chiloé	Chiloé, Chile	Captación de aguas lluvias	Si
Rumbayan et al., 2025 , Ficha 48	Integration of smart water management and photovoltaic pumping system to supply domestic water for rural communities	Indonesia	Captación de aguas lluvias + EnR	Si

7.1.7 PRIORIZACIÓN DE CASOS ATINGENTES AL CONTEXTO DE CHILOÉ

Posteriormente, se aplicó un proceso de valoración de la pertinencia territorial y técnica, cuyo propósito fue identificar los estudios con mayor potencial para su transferencia al contexto de la Isla Grande de Chiloé. Los criterios utilizados incluyeron:

Similitud biofísica: presencia de cuencas pequeñas, sistemas de abastecimiento por captación superficial, humedales, turberas y suelos con alta regulación hídrica.

Condiciones socioinstitucionales comparables: gestión comunitaria, gobernanza local del agua, niveles de infraestructura sanitaria, dependencia de fuentes vulnerables y riesgos de escasez estacional.

Relevancia de las SbN evaluadas: restauración de humedales, reforestación hídricamente estratégica, manejo de cuencas, barreras vegetales, zonas de protección de captaciones, soluciones híbridas verde–grises.

Evidencia de mejora en la resiliencia hídrica y la sostenibilidad operativa.

A partir de esta evaluación, se seleccionó un subconjunto de casos altamente atingentes (Detalle en la Tabla 60), que constituyen insumos clave para orientar recomendaciones técnicas y estratégicas en el ámbito de los Servicios Sanitarios Rurales (SSR) de Chiloé.

Tabla 67. Priorización casos identificados. Fuente: elaboración Propia

REF	Intervención / explicación	SbN	SSR de aplicación
Opti, 2025a	**NBS Pond Retention/Purification Network** Sistema de modernización basado en estanques, con equipos de monitoreo sensorial, para alcanzar los objetivos de calidad y de almacenamiento de agua, optimizar la eficiencia operativa e implementar una infraestructura de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) rentable.	Red Controlada por Sensores Remotos de Estanques/Alcantarillas	Pindaco, Queilen, Rio Llolle, Quilen, Villa Corcovado
Opti, 2025b	**City-wide adaptative telemetry & Pond control water quality** Monitoreo Continuo y Control Adaptativo que integra datos directamente de sensores desplegados en campo con datos de pronóstico del tiempo en tiempo real para monitorear el rendimiento y tomar decisiones de control automatizadas y predictivas para gestionar activamente el almacenamiento y los flujos de aguas pluviales en toda la cuenca.	Red de estanques de infiltración controlada por telemetría sensorial	Pindaco, Queilen, Rio Llolle, Quilen, Villa Corcovado, Astillero, Rilan
Liu, L., Dobson, B., & Mijic, A. (2023).	**Optimisation of urban-rural nature-based solutions for integrated catchment water management.** Simulaciones de intervenciones rurales como la escorrentía, la agricultura regenerativa y llanura aluvial.	Gestión del agua en cuencas	Calle, Manao, Coñimo, Tantauco, Astillero, Pidpid, Llau Llao (Ten Ten), Pindaco, Queilen, Rio Llolle, Auchac, Vila Corcovado
Martín Dato et al., 2023	**Treatment wetlands in Embera indigenous communities (Colombia), are they Nature-based Solutions** Análisis de SBN tales como humedales de flujo superficial libre (FWS) con macrófitas flotantes recogidas de ecosistemas acuáticos locales y un sistema de tratamiento primario (fosas sépticas), tratamiento secundario (TWs flotantes) y tratamiento terciario o de mejora (TWs VF seguidos de TWs FWS para renaturalizar el agua tratada)	Humedales	Manao, Coñimo, Astillero, Pidpid Pindaco
González et al., 2025	**Rainwater Harvesting for Well Recharge and Agricultural Irrigation: An Adaptation Strategy to Climate Change in Central Chile** Sistema de recolección de agua de lluvia al que se le midió capacidad de recogida,	Sistema de captación de agua	Calle, Manao, Coñimo, Tantauco, Pidpid, Llau Llao, Pindaco, Queilen, Rio Llolle,

REF	Intervención / explicación	SbN	SSR de aplicación
	eficiencia de almacenamiento y monitorización de variaciones.		Quilen, Auchac, Vila Corcovado
Acuña et al., 2023	**Development of a decision-support system to select nature-based solutions for domestic wastewater treatment** Herramienta de apoyo para el cribado del NBS más adecuado para un contexto dado	Humedales, aguas residuales	Llau Llao, Queilen, Pid Pid
Sousa et al., 2024	**Effluent quality and reuse potential of wastewater treated in constructed wetlands in Southern Brazil** Evaluar la calidad y el potencial de reutilización de afluentes tratados por sistemas de humedales construidos, aplicando el agua reciclada en actividades como la descarga de inodoros, el lavado de suelos y el riego de jardines (en entornos domésticos)	Humedales	Manao, Coñimo, Astillero, Pidpid Pindaco
Frêne et al., 2022	**Escasez de agua en Chiloé: la Red Participativa de Agua como solución para el sector rural** Solución para el desabastecimiento de agua mediante una Red Participativa de agua potable rural, que incluye un plan de ordenación territorial para la protección de la microcuenca abastecedora de agua, monitoreo hidrológico y una red de distribución de agua.	Infraestructura verde	Todas
El desconcierto, 2025a	**Proyecto Paisaje de retención de aguas** Paisaje de retención de espacios interconectados para que el agua pueda ser absorbida para su infiltración en el suelo y aumentar la recarga hídrica de napas y vertientes.	Infraestructura verde	Calle, Manao, Coñimo, Tantauco, Astillero, Pidpid, Llau Llao, Pindaco, Queilen, Rio Llolle Auchac, Vila Corcovado
Climate tracker Latam (2024)	**Sistema de captación de aguas lluvias Escuela rural Paraguay.** Sistema de captación, tratamiento y potabilización de aguas lluvias.	Captación de aguas lluvias	Coñimo, Tantauco, Pidpid, Llau Llao, Pindaco, Queilen, Rio Llolle, Quilen, Auchac, Vila Corcovado
Palomeque et al., (2025)Ficha 7	Análisis del desempeño hidraúlico y calidad de agua en juntas administradoras de agua potable. Diagnosticar deficiencias en la potabilización y en las presiones de las redes de distribución en Ecuador	Infraestructura verde	Astillero, Rilan, Pindaco, Queilen, Llolle, Quilen Y Villa Corcoovado
Universidad de los Andes, (2009)	Filtración lenta de arena. Método simple que permite la purificación natural del agua a través de estanques de	Biofiltración de aguas	Pupelde Astillero Pindaco Queilen

REF	Intervención / explicación	SbN	SSR de aplicación
Ficha 8	capacidad de 40 galones con capas de arena fina (40 cm), arena gruesa (15 cm) y grava (15 cm).		Quilen
El País (2025) Ficha 10	Cosecha de agua lluvia en Wizarika - México instalación de más de 180 recolectores de lluvia en los hogares y espacios comunitarios. El sistema ha permitido almacenar hasta 25.000 litros de agua al año, reduciendo el tiempo de acarreo de agua. El proyecto ha empoderado a las mujeres en la comunidad que participan en la gestión del agua y en la agricultura familiar.	Captación de agua lluvia	Calle Manao Coñimo Tantauco Pidpid Llau Llao (Ten Ten) Pindaco-Quitripulli Queilen Rio Llolle Quilen Auchac Vila Corcovado (San Antonio Oqueldan)
Falk, et al., (2022)	Suministro de agua potable en el África rural basado en un sistema de energía de minired Sistema de filtrado de agua potable de una capacidad anual de 10.950 m3 y fue diseñado para cubrir la demanda esperada de agua en la isla durante los siguientes 15 años. El sistema aprovecha la disponibilidad de electricidad básica, que se instaló como un sistema de mini-red solar.	Captación de agua lluvia - EnR	Calle Manao Coñimo Tantauco Llau Llao (Ten Ten) Rilan
Humedal Chile	HUMEDAL ARTIFICIAL I. MUNICIPALIDAD DE CURACO DE VELEZ Humedal artificial de 200 m2. Que permite la reutilización de aguas grises para cultivos y áreas verdes	Humedales	Manao, Coñimo, Astillero, Pidpid Pindaco
Universidad de Concepción, 2023	Proyecto UdeC permite abastecer de agua potable a familias de la Isla Cheniao, en Chiloé Instalación de una planta desalinizadora comunitaria con tecnología de nanofiltración.	Captación de aguas lluvias	Coñimo, Tantauco, Pidpid, Llau Llao, Pindaco-Quitripulli, Queilen, Rio Llolle, Quilen, Auchac y Vila Corcovado
Rumbayan et al., 2025	Integration of smart water management and photovoltaic pumping system to supply domestic water for rural communities Sistema aprovecha la energía solar a través de paneles fotovoltaicos, que luego se almacena y regula mediante un controlador de carga eficiente y una batería para alimentar bombas de agua.	Captación de agua lluvia - EnR	Calle Manao Coñimo Tantauco Llau Llao (Ten Ten) Rilan
INDAP, 2022	**Sistema de recolección de agua lluvia para consumo humano** en complejo de cabañas turísticas en zona rural de Chiloé (Quehui, Castro).	Captación de agua lluvia	Pindaco, Astillero, Llau Llao, Pid Pid, Rilán, Río Llolle, Auchac, Quilén, Queilen y San Antonio.

7.1.8 SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA APLICABLES AL SSR DE CHILOÉ

A partir de la identificación de casos en la bibliografía, se seleccionó un conjunto de casos representativos, que fueron sistematizados mediante fichas técnicas estandarizadas.
Para cada uno de los casos priorizados se elaboró una ficha técnica detallada, en la que se sintetizan los aspectos más relevantes para su evaluación en el contexto chilote. Cada ficha incluye: (i) una descripción general del caso y su localización; (ii) las intervenciones implementadas, con énfasis en Soluciones Basadas en la Naturaleza y medidas de adaptación; (iii) los resultados documentados; (iv) el ente ejecutor y las fuentes de financiamiento; (v) los aprendizajes transferibles al contexto de Chiloé, considerando criterios de escalabilidad, costos relativos, requerimientos de manejo territorial y necesidades de fortalecimiento institucional; y (vi) las principales referencias y fuentes de información.
Las fichas técnicas constituyen el principal insumo para el análisis comparativo y se presentan en el ANEXO N° 5 como complemento de la siguiente información. A partir de su revisión conjunta, los casos fueron agrupados en las siguientes tipologías de SbN: Gestión inteligente de aguas pluviales mediante estanques y control sensorial; humedales construidos para tratamiento y reutilización de aguas residuales; Captación y cosecha de aguas lluvias como estrategia de adaptación climática; Infraestructura verde y gestión integrada de cuencas y Tecnologías de apoyo, biofiltración y energías renovables como complemento a las SbN.

A. Gestión inteligente de aguas pluviales mediante estanques y control sensorial

Un primer grupo de SbN relevantes para el SSR de Chiloé corresponde a la gestión activa de aguas lluvias mediante redes de estanques de retención, infiltración y purificación, integradas con sensores y sistemas de telemetría. Estas soluciones permiten optimizar el almacenamiento temporal del agua, regular los flujos de escorrentía, mejorar la calidad del recurso y favorecer la recarga de acuíferos, abordando directamente la exposición del SSR a la disminución de caudales y a la pérdida de fuentes de abastecimiento.
. Experiencias como las "*NBS Pond Retention/Purification Network en Maryland, EE. UU.*" (Opti, 2025a) y los sistemas de "*City Wide Adaptive Telemetry & Pond Control, en Virginia EE.UU.*" (Opti, 2025d), demuestran el potencial de integrar la infraestructura natural con tecnologías de monitoreo en tiempo real. Estos sistemas permiten optimizar el almacenamiento de aguas lluvias, mejorar la calidad del agua y regular los flujos de escorrentía a escala de cuenca.

En el contexto rural de Chiloé, este tipo de soluciones aporta valor adicional al reducir las cargas operativas, facilitar el control del sistema y fortalecer la gestión comunitaria del agua, aspectos clave para comités con capacidades adaptativas bajas o medias, donde las tareas de operación y supervisión suelen recaer en un número reducido de personas.

B. Humedales construidos para tratamiento y reutilización de aguas residuales

Un segundo conjunto de SbN se centra en el uso de humedales construidos, que constituyen una SbN estratégica para reducir la presión sobre las fuentes de agua dulce, mejorar la calidad ambiental y habilitar la reutilización segura de aguas tratadas en contextos rurales. Estos sistemas descentralizados permiten tratar aguas residuales domésticas mediante procesos naturales, integrando tratamientos primarios, secundarios y terciarios mediante el uso de macrófitas locales y sistemas de flujo superficial o vertical. Casos desarrollados en Latinoamérica, como el *"Tratamiento de humedales en comunidades indígenas en Embera, Colombia"* (MARTÍN-DATO et al.; 2023), o el proyecto de *"Humedales artificiales para el tratamiento de efluentes en zonas rurales del sur de Brasil"* (SOUSA et al.; 2024), además de experiencias locales como el humedal artificial de Curaco de Vélez, en Chiloé, impulsado por INDAP, evidencian la efectividad de sistemas de flujo superficial y vertical que utilizan macrófitas locales. Estos esquemas integran los tratamientos primario, secundario y terciario, permitiendo cumplir con estándares de calidad y habilitar la reutilización del agua tratada para el riego de cultivos y áreas verdes. Además de su pertinencia técnica, esta tipología fue seleccionada por su compatibilidad con esquemas de gestión comunitaria y su potencial para aliviar las cargas asociadas al manejo del agua a nivel doméstico y productivo, donde la participación femenina es significativa. Para el SSR de Chiloé, los humedales construidos representan una alternativa de bajo costo relativo, de fácil operación y con cobeneficios sociales y ambientales.

C. Captación y cosecha de aguas lluvias como estrategia de adaptación climática

La captación de aguas lluvias constituye una SbN ampliamente documentada y replicable en el contexto de la Isla Grande de Chiloé, dadas las tendencias de disminución de las precipitaciones anuales, la mayor variabilidad estacional y la presión creciente sobre las fuentes superficiales y subterráneas. Esta estrategia permite diversificar las fuentes de abastecimiento, reducir la dependencia de vertientes vulnerables y mejorar la seguridad hídrica durante los períodos críticos de verano.
Experiencias en Chile, México y África rural muestran sistemas de recolección, almacenamiento y tratamiento que permiten asegurar el agua para consumo humano, la

recarga de pozos y el riego agrícola, y reducir la dependencia de fuentes externas. Iniciativas como "Water our Life; Towards Universal Drinking Water Coverage of the Wixarika Nation" (ADAPTATION FUND, 2025) o las diversas iniciativas de recolección de aguas lluvias desarrolladas en territorio nacional, como en la región del Biobio (Gonzalez et al., 2025); planta desanilizadora (Universidad de Conepción), impulsadas por INDAP y CORFO, como el proyecto de "Recolección de Agua lluvia para consumo humano en cabañas del sector rural de Quehui, Castro" o el programa "Agua para Aprender, de Fundación AMULEN", evidencian la efectividad de sistemas alternativos de captación, la organización -y participación- comunitaria y la disminución del tiempo destinado a la obtención de agua. Este aspecto resulta particularmente relevante en Chiloé, donde las tareas de abastecimiento doméstico recaen mayoritariamente en las mujeres, por lo que estas soluciones también contribuyen a reducir brechas de género en el acceso al agua y a aliviar las cargas operativas en contextos de alta sensibilidad del sistema.

D. Infraestructura verde y gestión integrada de cuencas

Otro grupo relevante de SbN está asociado a la infraestructura verde y a la gestión territorial integrada de cuencas, que incluye paisajes de retención hídrica, la protección de microcuencas y las redes participativas de agua potable rural. Estas estrategias permiten abordar simultáneamente la exposición ambiental, la pérdida de cobertura protectora y la presión antrópica sobre las áreas de recarga. El proyecto "Paisaje de Retención de Aguas en el Cerro Santa Luisa, María Pinto" de la iniciativa Escenarios Hídricos 2030 y la "Red Participativa de Agua en Chiloé" del Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB) destacan la importancia de espacios interconectados que favorecen la infiltración, la recarga de las napas y la protección de las vertientes. Proyectos que se apoyan en la gestión integrada de cuencas mediante el seguimiento, con ejemplos como los realizados en Ecuador (Palomeque et al., 2025) y en el Reino Unido (Liu, L., Dobson, B., & Mijic, A., 2023). Estas estrategias no solo mejoran la disponibilidad hídrica, sino que, mediante una visión integral de la gestión de cuencas, contribuyen a fortalecer la gobernanza local y los mecanismos de participación comunitaria. En este sentido, los casos fueron priorizados según su capacidad para incorporar diversos actores locales en la toma de decisiones, lo que resulta particularmente relevante para mejorar la capacidad adaptativa del SSR, especialmente en comités con alta sensibilidad y baja diversificación de fuentes

E. Tecnologías de apoyo, biofiltración y energías renovables como complemento a las SbN

Finalmente, varios de los casos seleccionados incorporan tecnologías de apoyo que potencian el desempeño de las SbN, como la filtración lenta de arena (Universidad de los Andes, 2009), sistemas de biofiltración (Acuña et al., 2023), herramientas de apoyo a la toma de decisiones y el uso de energías renovables. Ejemplos como los sistemas fotovoltaicos para el bombeo de agua y las minirredes solares asociadas a sistemas de agua potable rural y plantas de tratamiento como el proyecto "Abastecimiento de agua potable en el África rural basado en un sistema energético de minirred, en Tanzania" (FALK, et al.,2022) o el proyecto "Integración de la gestión inteligente del agua y un sistema de bombeo fotovoltaico para abastecer de agua de uso doméstico a comunidades rurales, en Indonesia" (RUMBAYAN et al.,2025) demuestran que la combinación de procesos naturales con soluciones técnicas apropiadas mejora la eficiencia operativa, reduce costos y aumenta la escalabilidad. Adicionalmente, estas tecnologías presentan un potencial relevante para facilitar la operación y el mantenimiento de los sistemas a nivel local, reduciendo barreras técnicas y promoviendo una participación más equitativa en la gestión del agua. En Chiloé, donde existen brechas energéticas y dificultades de acceso, esta integración resulta clave para asegurar la continuidad operativa del SSR, reducir las interrupciones del servicio y fortalecer la capacidad adaptativa de los comités, especialmente aquellos que presentan una vulnerabilidad alta o muy alta.

7.2 IDENTIFICACIÓN DE ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS QUE CUMPLEN FUNCIONES CLAVE DE REGULACIÓN HÍDRICA EN SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO.

Esta sección pretende identificar los ecosistemas ubicados en el área de estudio y que cumplen funciones clave en la regulación hídrica. Son, a su vez, infraestructuras naturales que inciden directamente en la disponibilidad, calidad y continuidad del suministro de agua de los SSR en el contexto de adaptación al Cambio Climático.

Para identificar los ecosistemas estratégicos que contribuyen a la regulación hídrica en el marco del estudio, se buscó reconocer los sistemas naturales cuya función incide directamente en la seguridad hídrica de los SSR y sus comunidades. El criterio de búsqueda se definió a partir de su relación funcional y espacial con las fuentes de captación de los SSR que conforman el área de estudio. Para ello, se contó con datos de fuentes oficiales, tales como el Sistema de Información y Monitoreo de Biodiversidad (SIMBIO) del Ministerio del Medio Ambiente, CIREN, IDE Chile, MINAGRI y CONAF.

Para efectos metodológicos y comparativos, se consideraron los 4 SHAC que contienen los 15 SSR del área de estudio:

- Ancud
- Castro

- Huillinco
- Quellón

A continuación, se definieron 3 capas que concentran los ecosistemas con mayores servicios ecosistémicos en términos de regulación hídrica:

7.2.1 BÓSQUE NATIVO

Representa uno de los ecosistemas más significativos en cuanto a la regulación del ciclo hídrico, ofreciendo los siguientes servicios ecosistémicos:

a) Intercepción de las precipitaciones, favoreciendo los tiempos de absorción y evitando la erosión del suelo.
b) La estructura del suelo forestal favorece la infiltración, retención de humedad y acumulación de agua, constituyendo una estructura que actúa como una esponja.
c) Contribuyen a la recarga de acuíferos y a mantener los caudales en periodos cálidos (menor consumo hídrico que especies exóticas y monocultivos).
d) Previenen la escorrentía rápida y ofrecen cualidades que permiten mitigar los impactos de crecidas en episodios de precipitaciones intensas.
e) Potencial de estabilización de suelos y laderas, lo que evita la excesiva carga sedimentaria sobre las fuentes de agua, provocada por la erosión.
f) Tienen la capacidad de retener sedimentos y contaminantes, actuando como filtro natural sobre las fuentes de agua.

7.2.2 HUMEDALES

Comprenden aquellos territorios cubiertos por cuerpos de agua (temporales o permanentes), donde el acuífero se encuentra próximo a la superficie. Se incluyen estuarios, pantanos, turberas, lagos, lagunas y ríos. Los principales servicios ecosistémicos para la regulación hídrica son los siguientes:

a) Actúan como reservorios naturales de agua, debido a su capacidad de almacenamiento y liberación paulatina hacia las capas más profundas. Esto contribuye a reducir los impactos de las crecidas en periodos lluviosos.
b) Tienen la capacidad de retener humedad durante periodos secos.
c) Debido a las especies vegetales y la estructura del suelo del humedal, actúan como un filtro de agua natural, reteniendo sedimentos y contaminantes.
d) En ecosistemas costeros, actúan como moderadores para reducir la intrusión salina hacia fuentes de agua dulce.

7.2.3 PRADERAS Y MATORRALES

Corresponden a ecosistemas formados por especies naturales o introducidas (praderas naturalizadas o mejoradas para pastoreo). Los principales servicios ecosistémicos para la regulación hídrica son los siguientes:

a) La estructura de su suelo (raíces y materia orgánica) favorece la infiltración de agua, junto con mantener la humedad.
b) Contribuyen a reducir la erosión y por ende el exceso de sedimentos sobre las fuentes de agua.
c) Ofrecen servicios de depuración de aguas al retener contaminantes que escurren a través de su superficie hacia las fuentes de agua.

Vale la pena mencionar, que las praderas destinadas a la ganadería, corren el riesgo de deterioro de su suelo producto de la compactación, lo que afecta a su capacidad de infiltración, almacenamiento de humedad y control de la escorrentía.

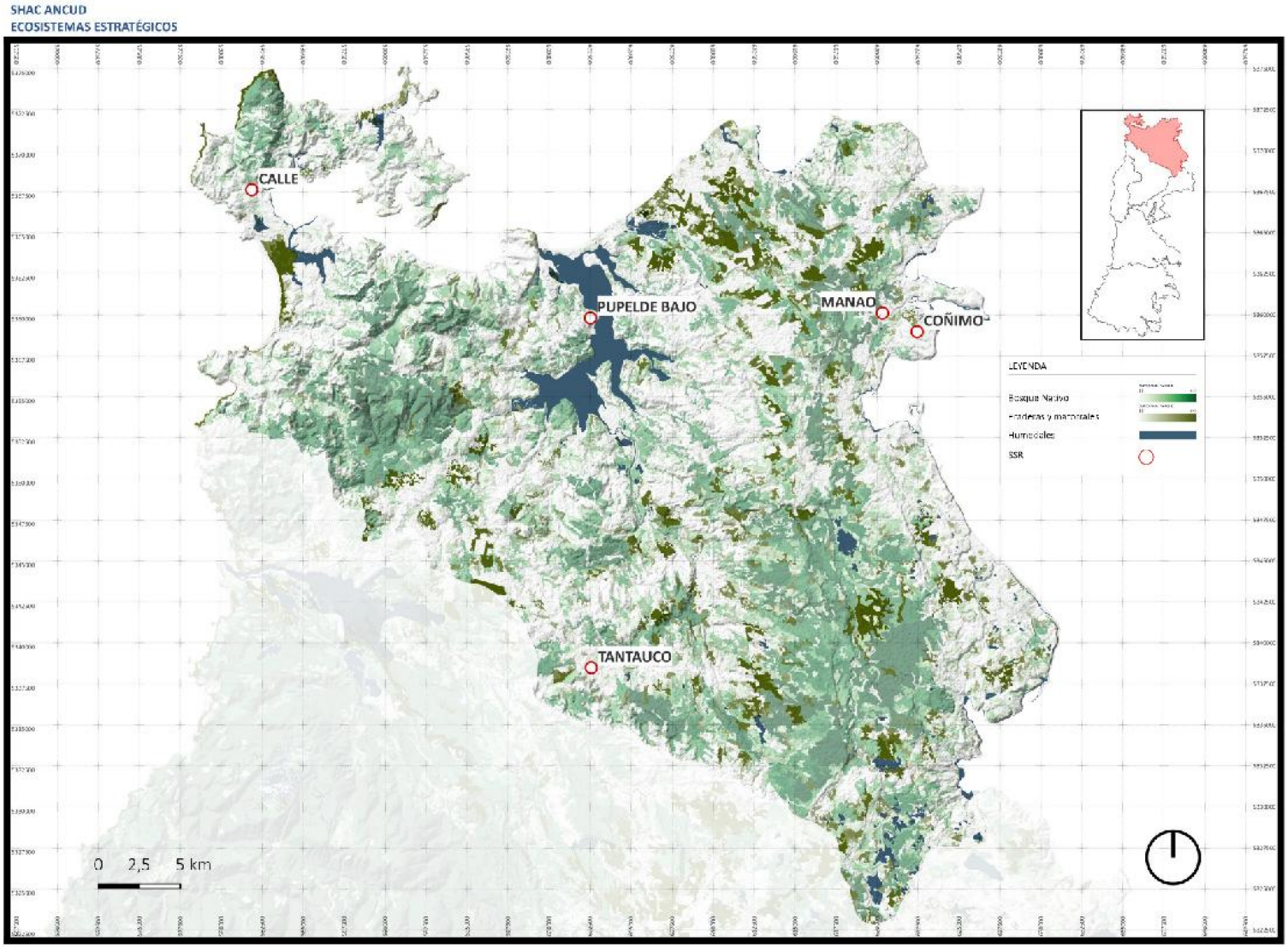


Figura 92. Identificación de ecosistemas estratégicos con potencial de regulación hídrica en el SHAC Ancud. Fuente: elaboración Propia

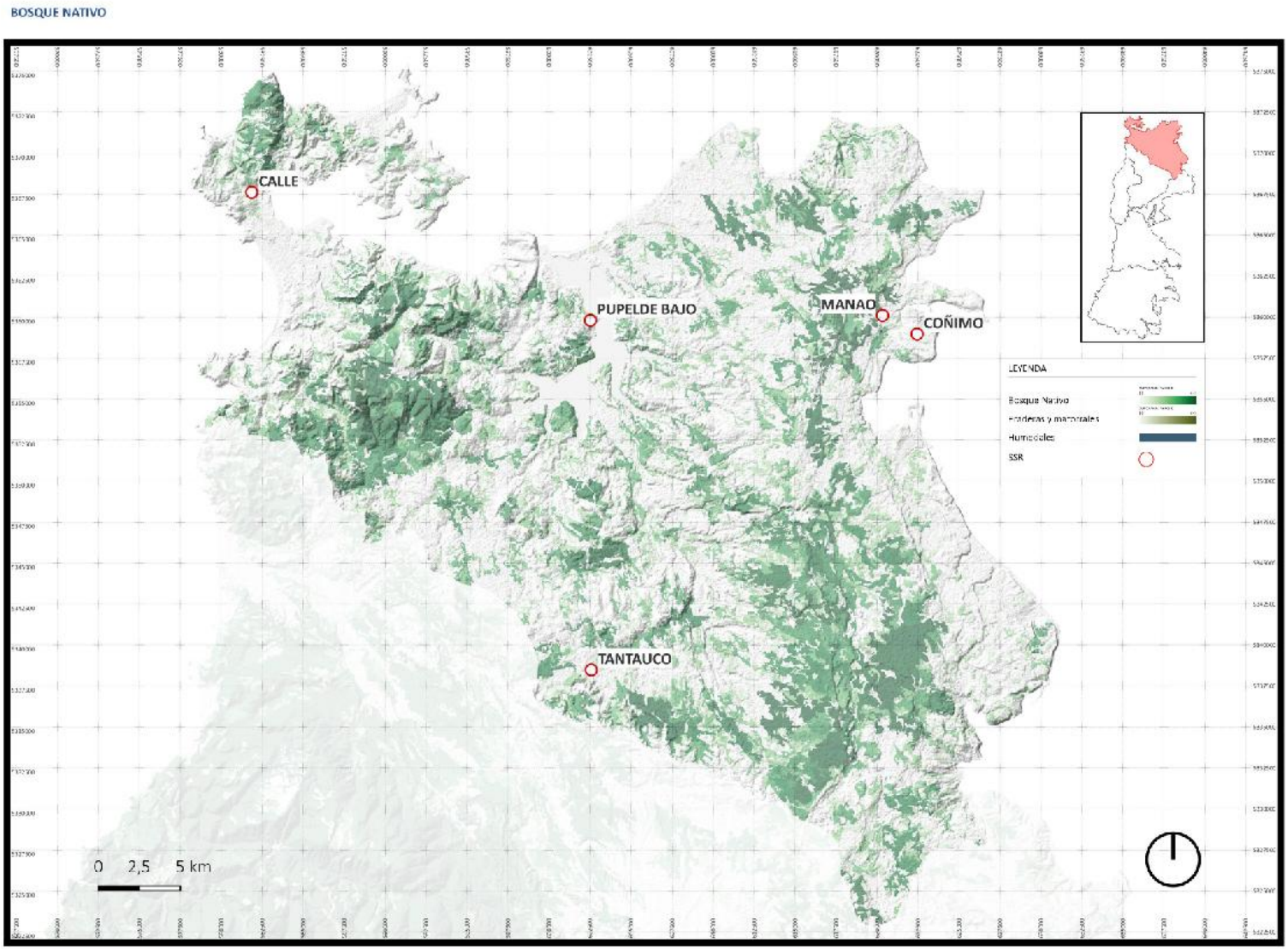


Figura 93. Identificación de ecosistemas estratégicos con potencial de regulación hídrica en el SHAC Ancud. Fuente: elaboración Propia

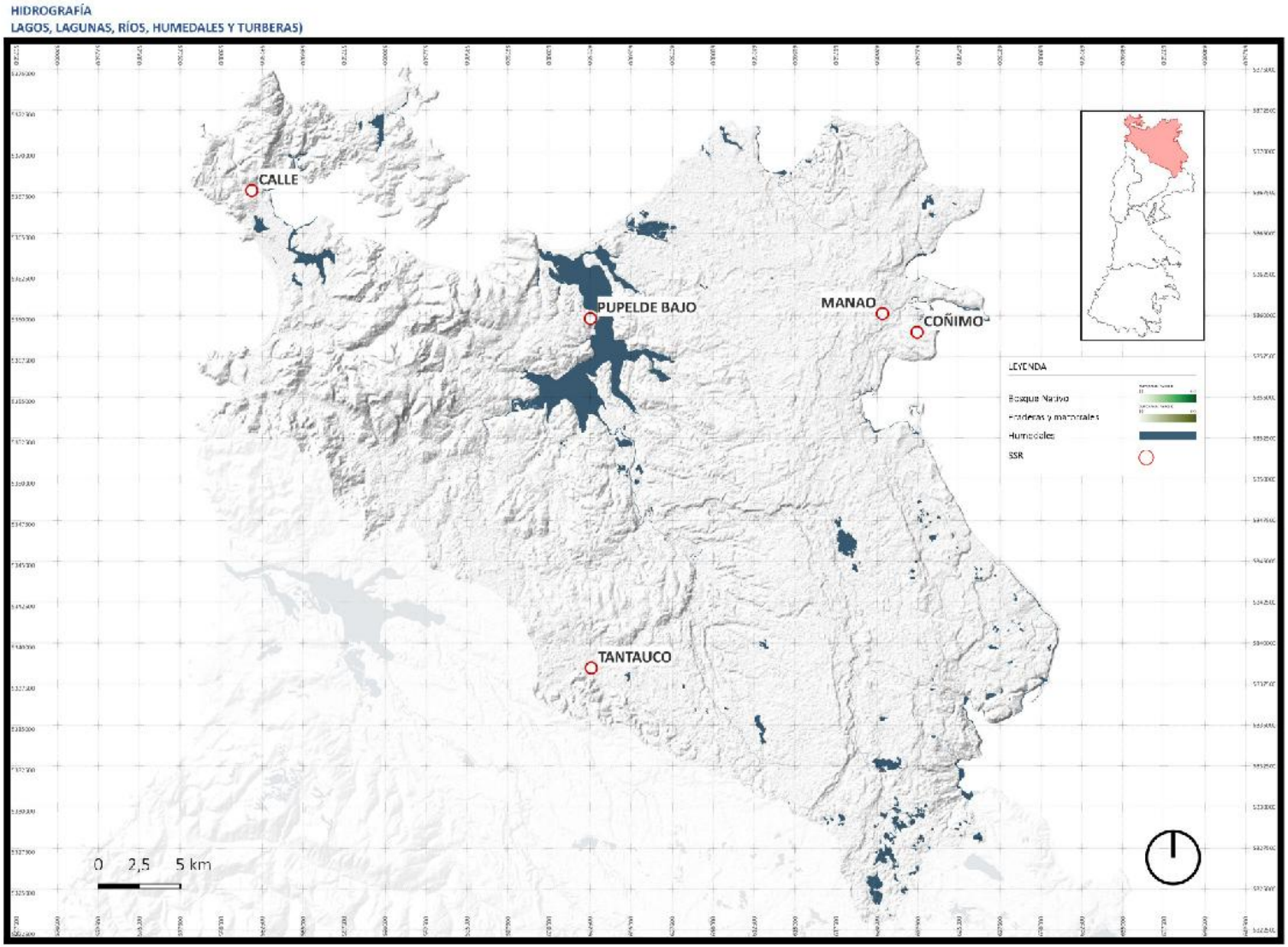


Figura 94. Cobertura de humedales, SHAC Ancud. Fuente: elaboración Propia

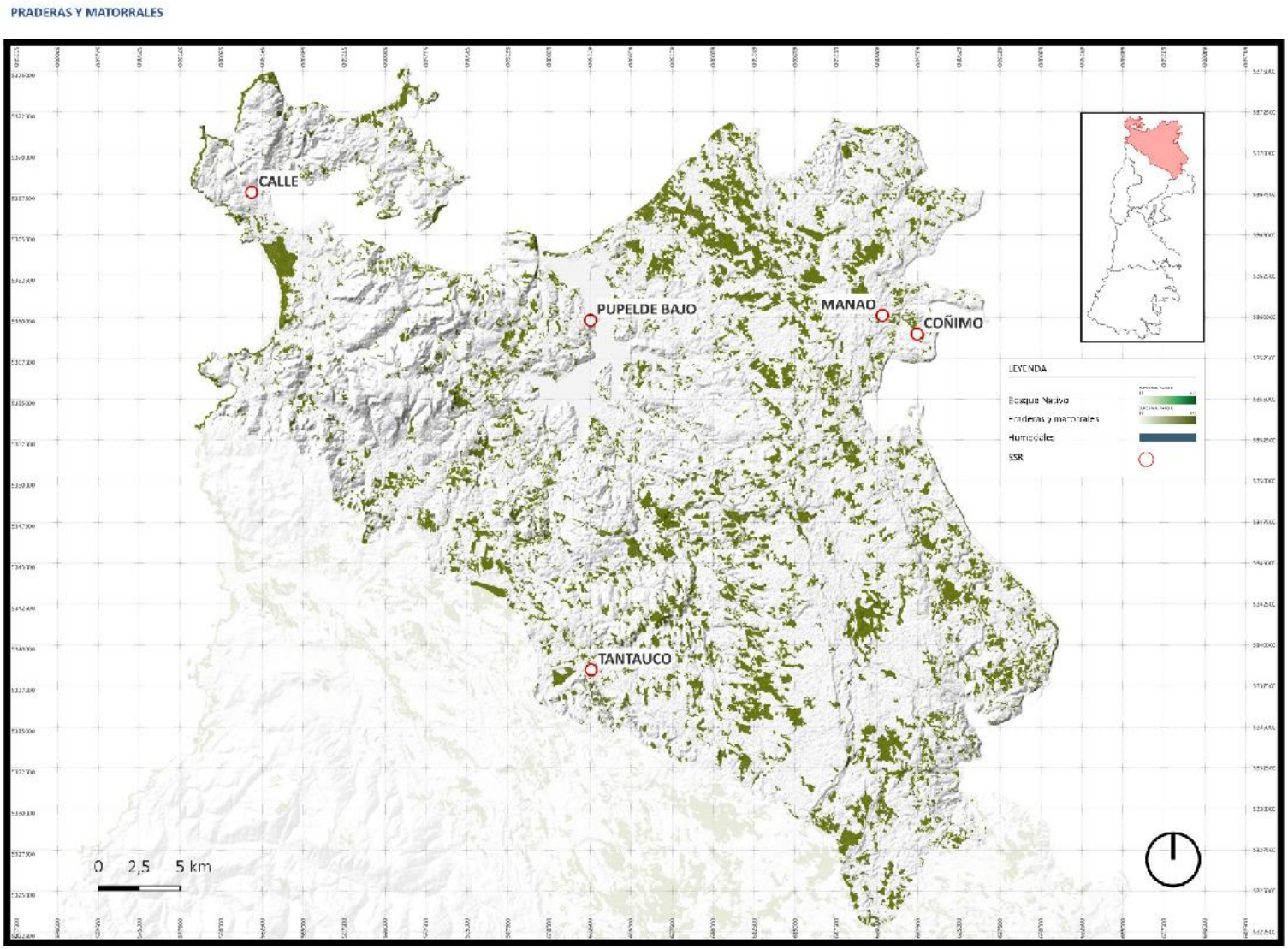


Figura 95. Cobertura de matorrales y praderas, SHAC Ancud. Fuente: elaboración Propia

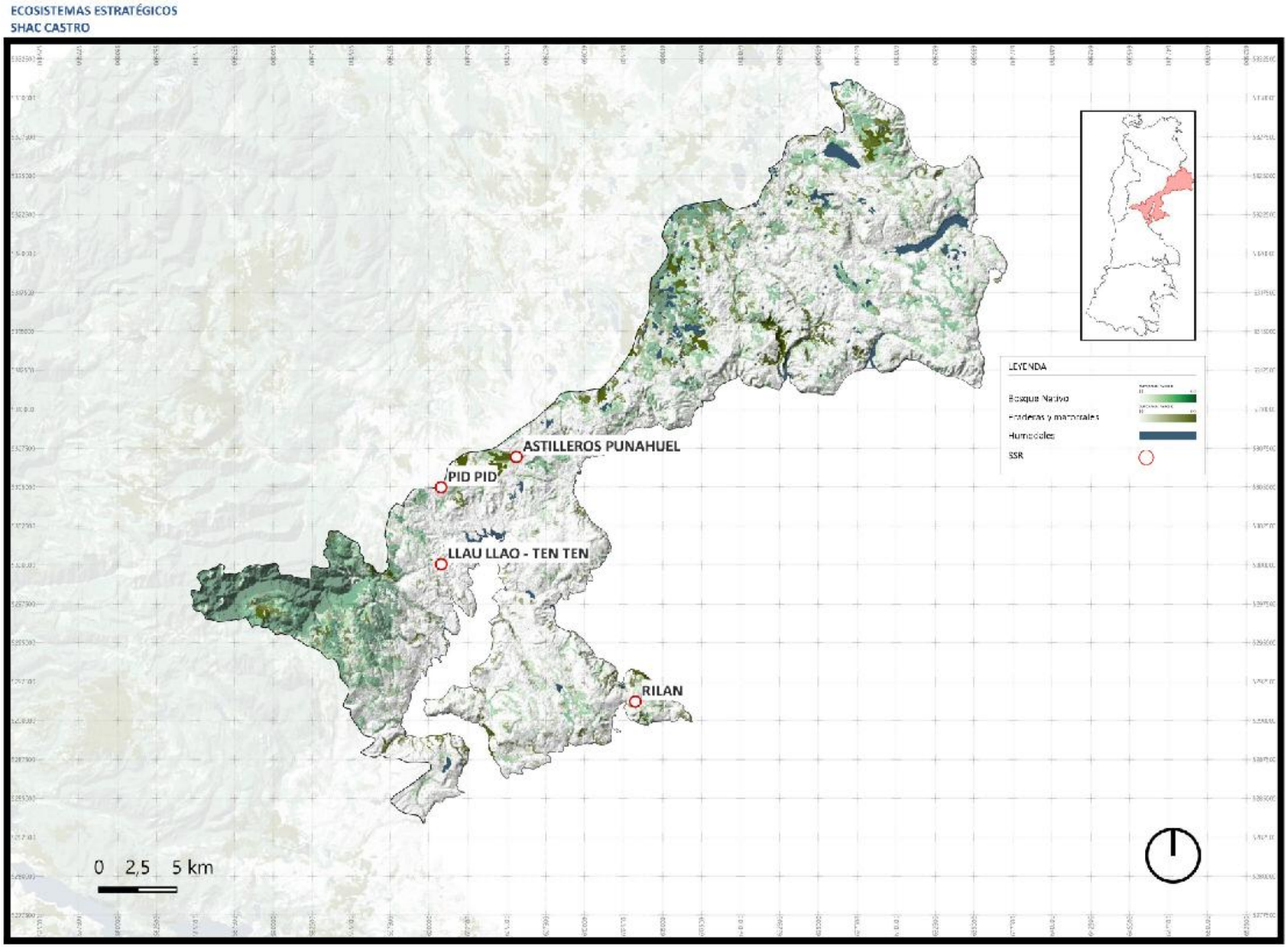


Figura 96.Identificación de ecosistemas estratégicos con potencial de regulación hídrica en el SHAC Castro. Fuente: elaboración Propia

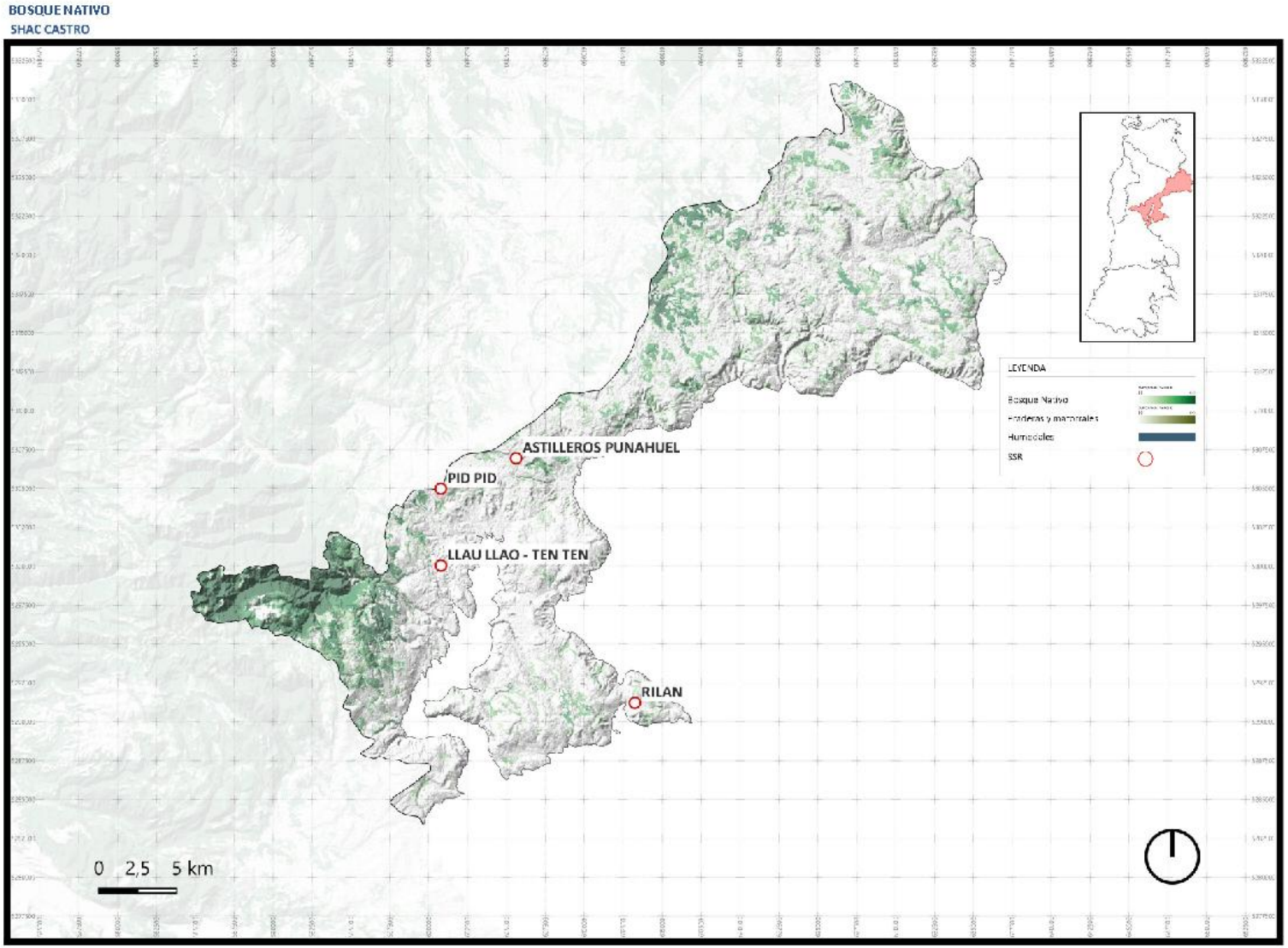


Figura 97. Cobertura de bosque nativo, SHAC Castro. Fuente: elaboración Propia

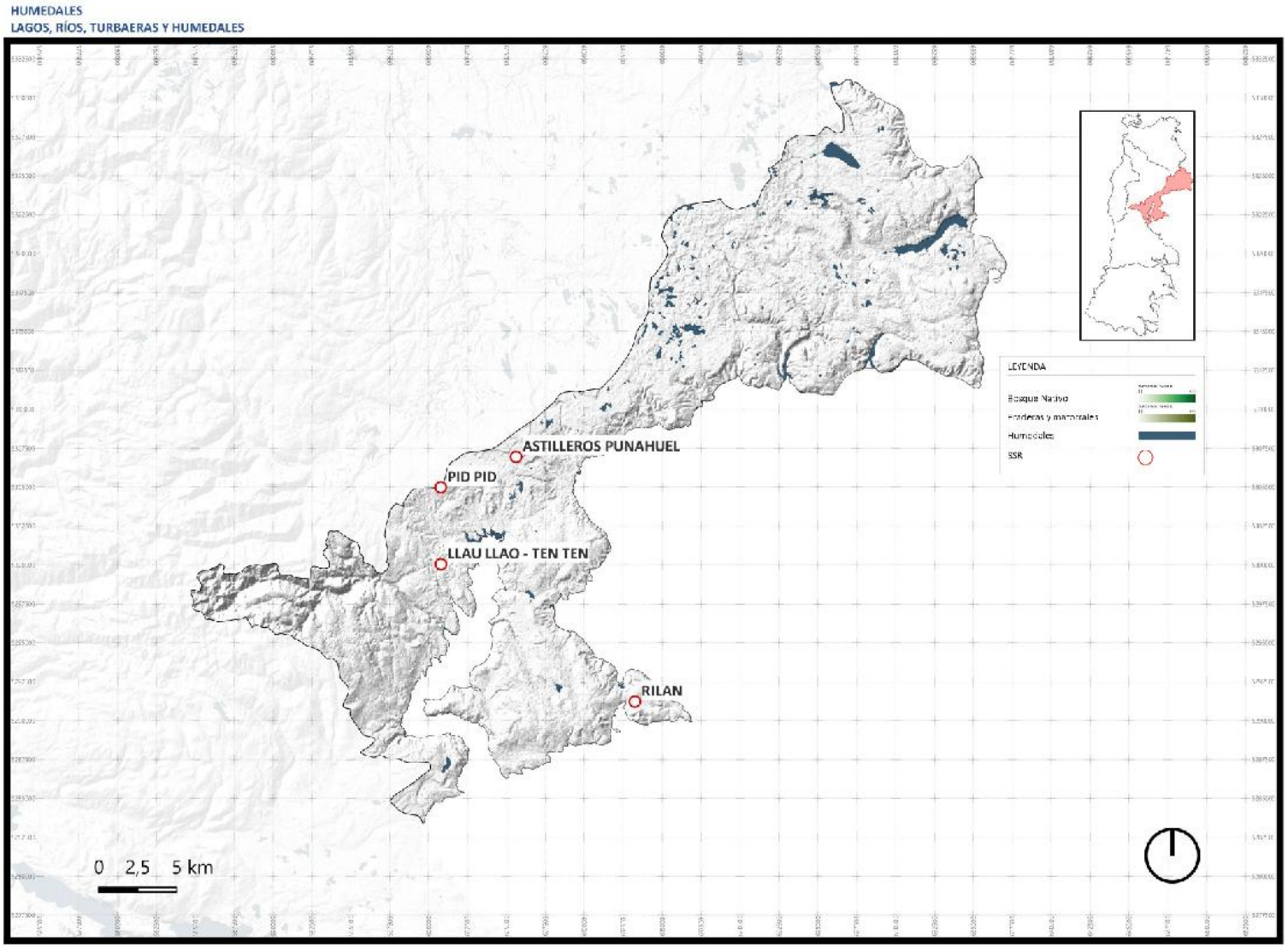


Figura 98. Cobertura de humedales, SHAC Castro. Fuente: elaboración Propia

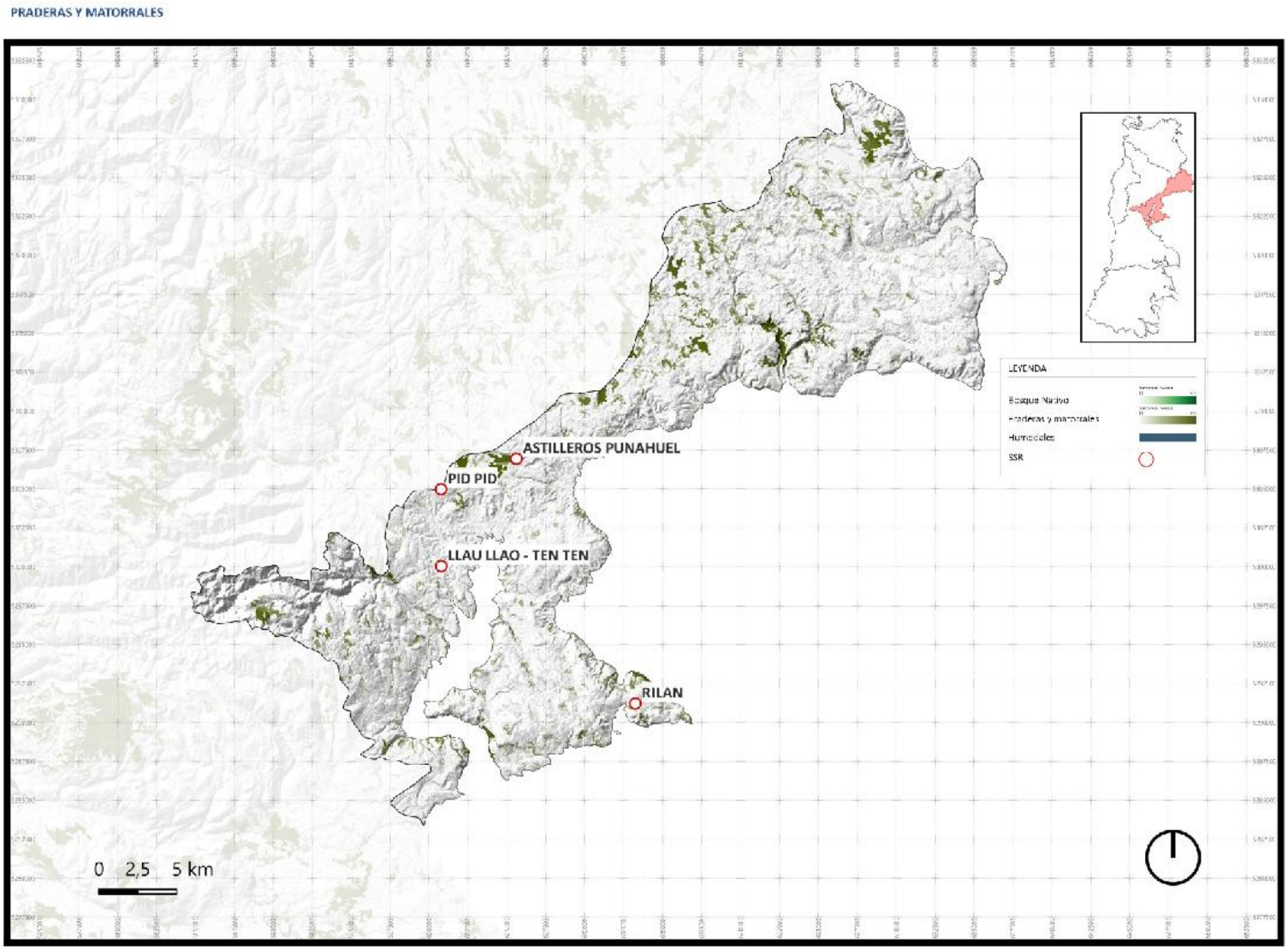


Figura 99.Coberturas de matorrales y praderas, SHAC Castro. Fuente: elaboración Propia

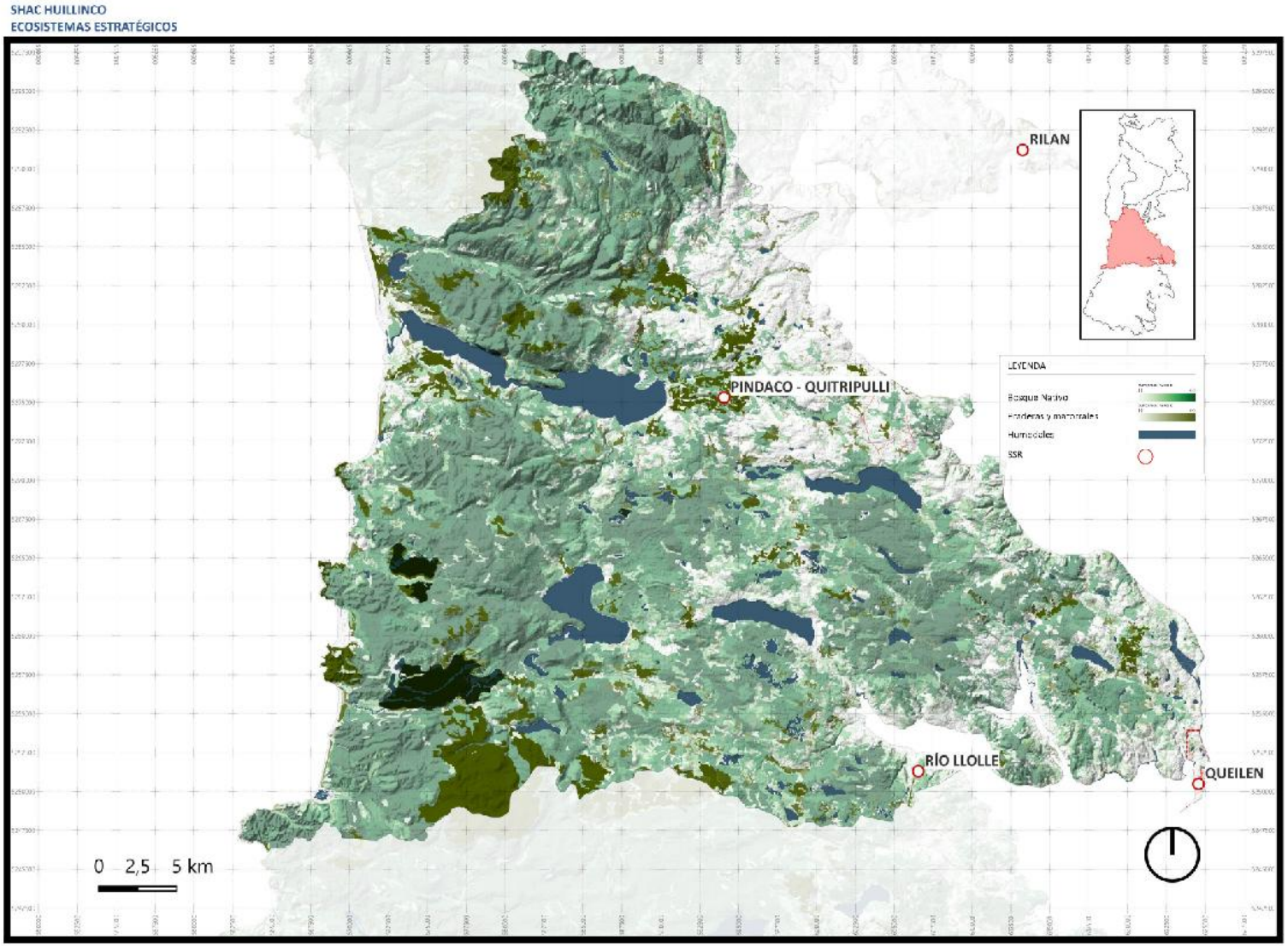


Figura 100. Identificación de ecosistemas estratégicos con potencial de regulación hídrica en el SHAC Huillinco. Fuente: elaboración Propia

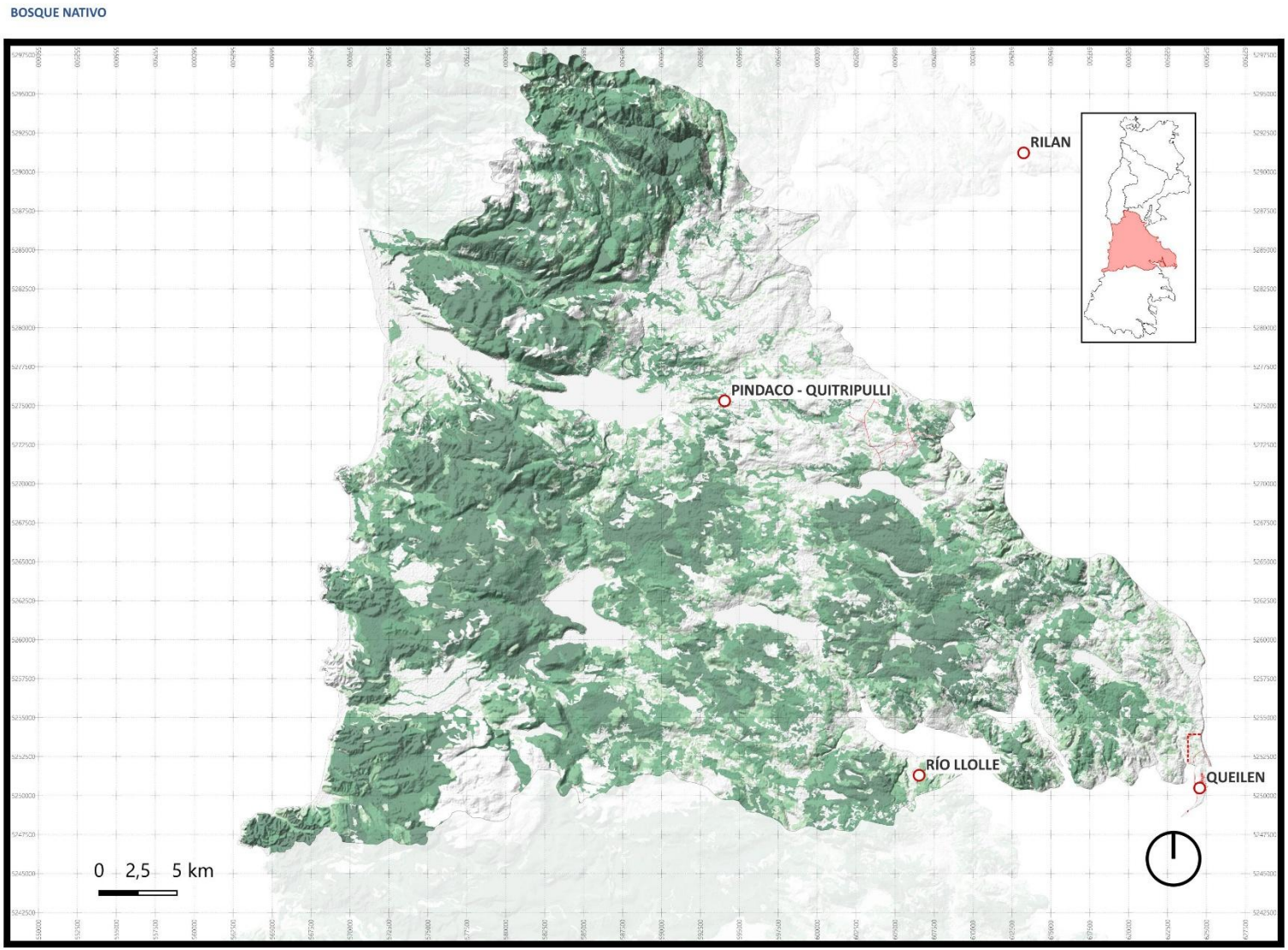


Figura 101.Coberturas bosque nativo, SHAC Huillinco. Fuente: elaboración Propia

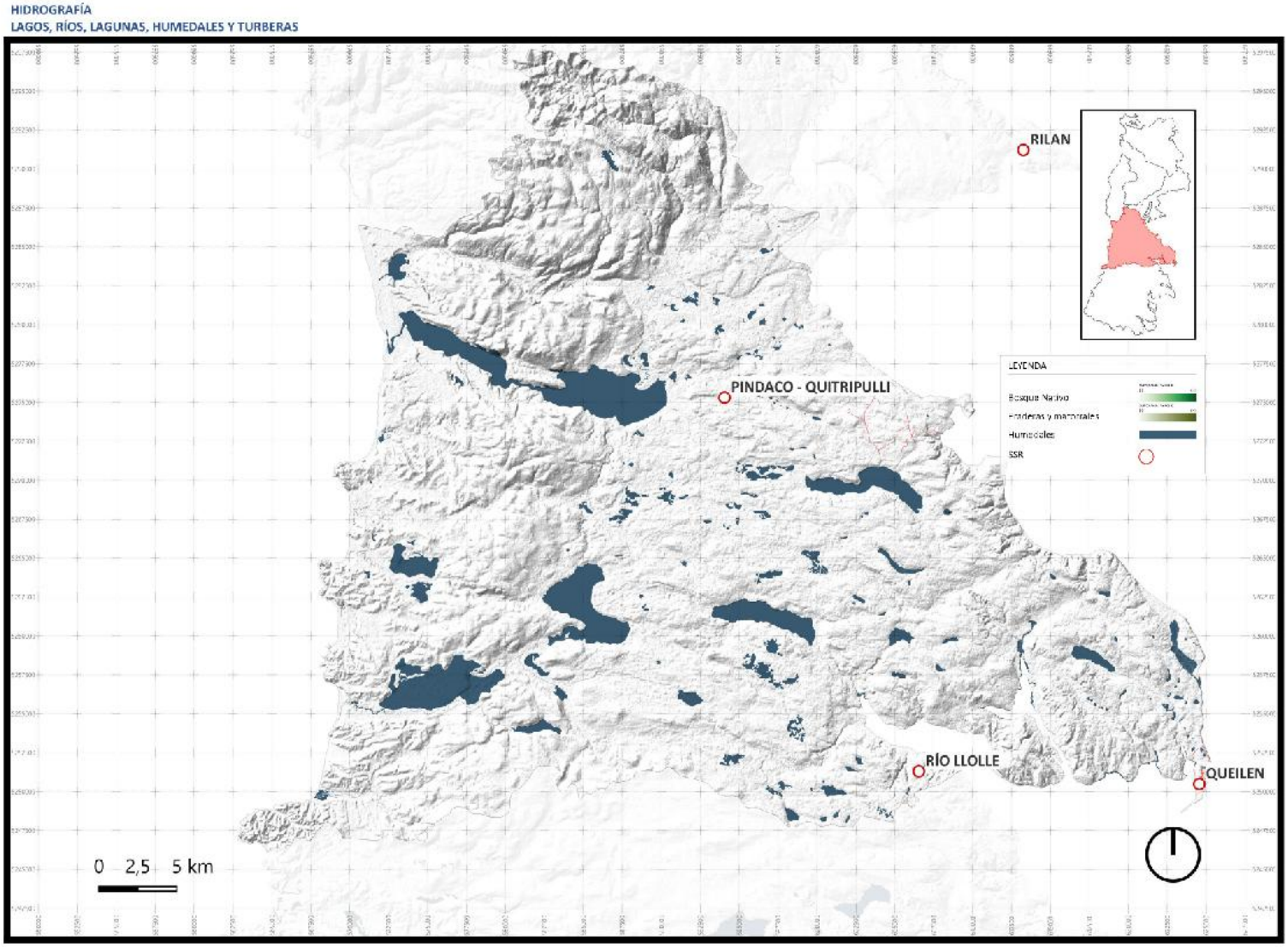


Figura 102.Coberturas humedlaes, SHAC Huillinco. Fuente: elaboración Propia

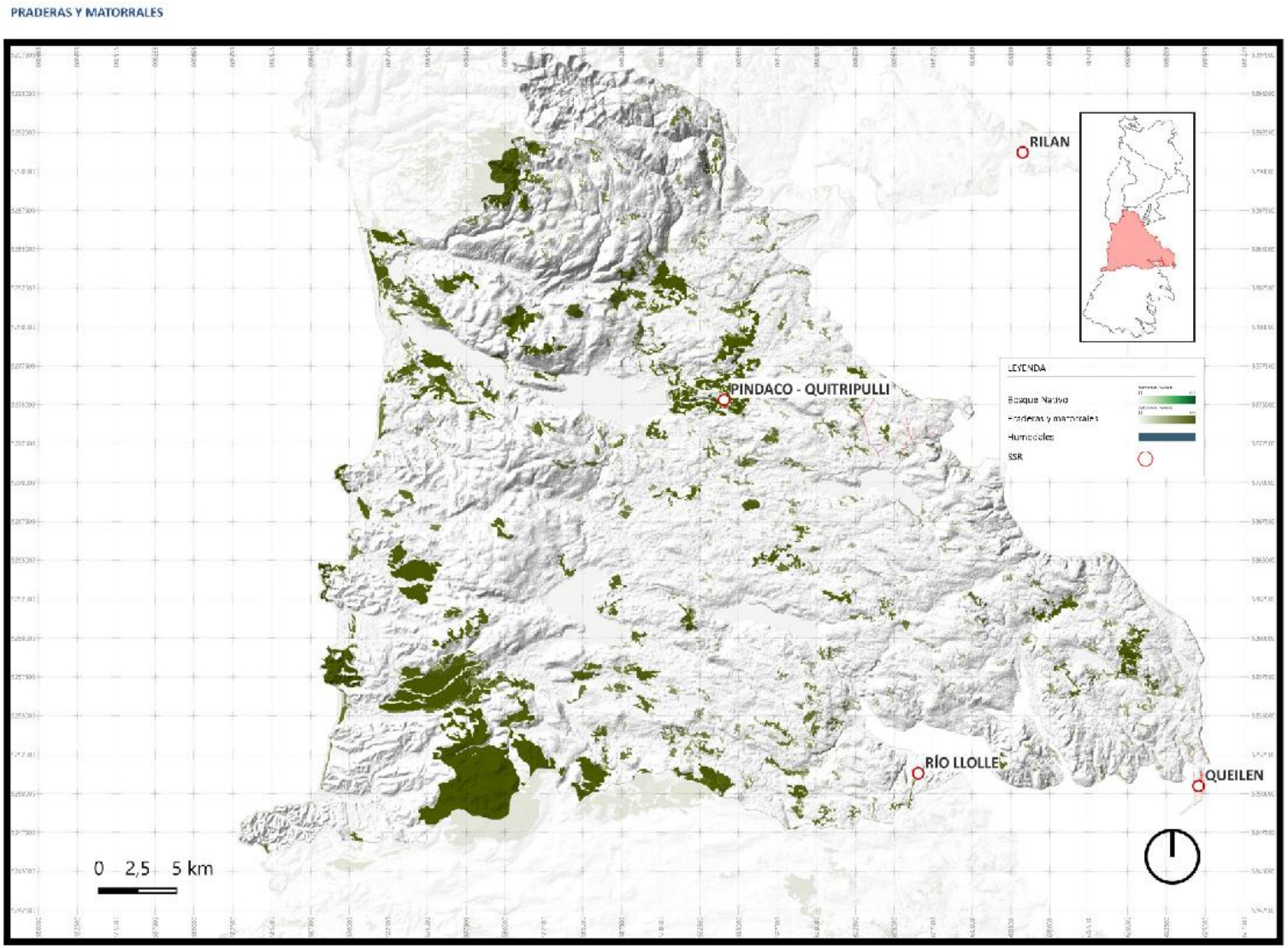


Figura 103.Coberturas de praderas y matorrales, SHAC Huillinco. Fuente: elaboración Propia

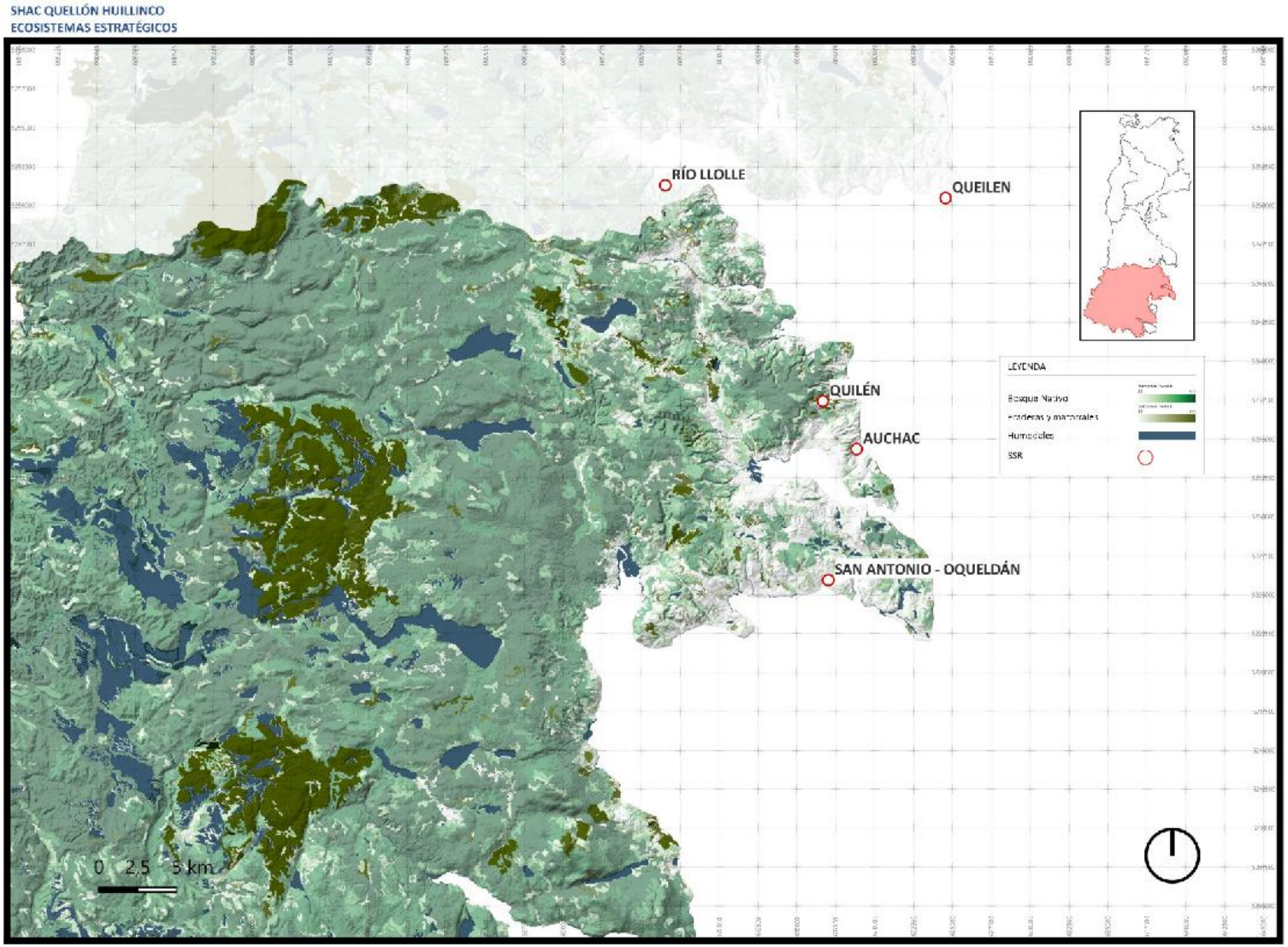


Figura 104.Identificación de ecosistemas estratégicos con potencial de regulación hídrica en el SHAC Quellón. Fuente: elaboración Propia

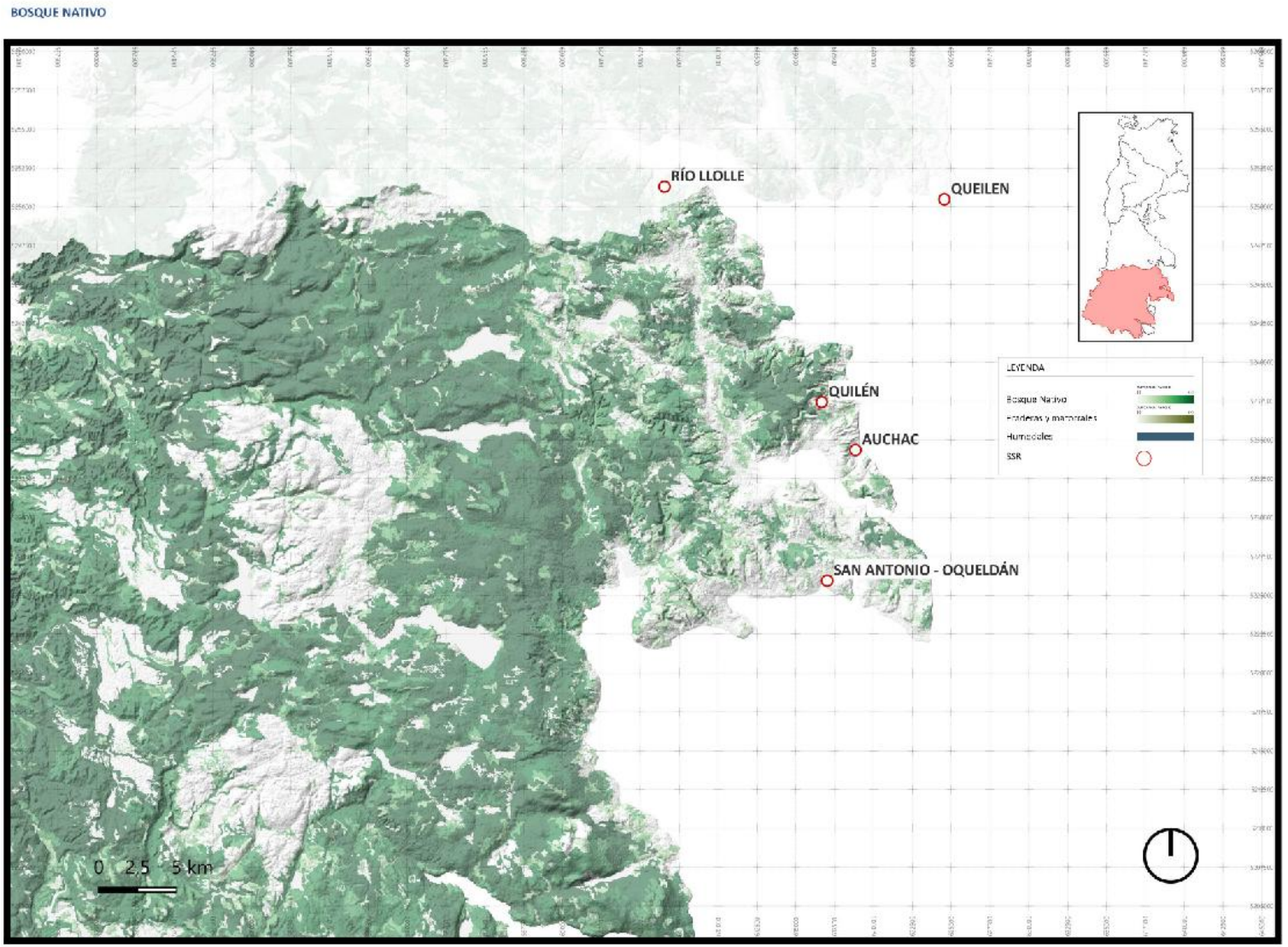


Figura 105.Cobertura Bosque nativo, SHAC Quellón. Fuente: elaboración Propia

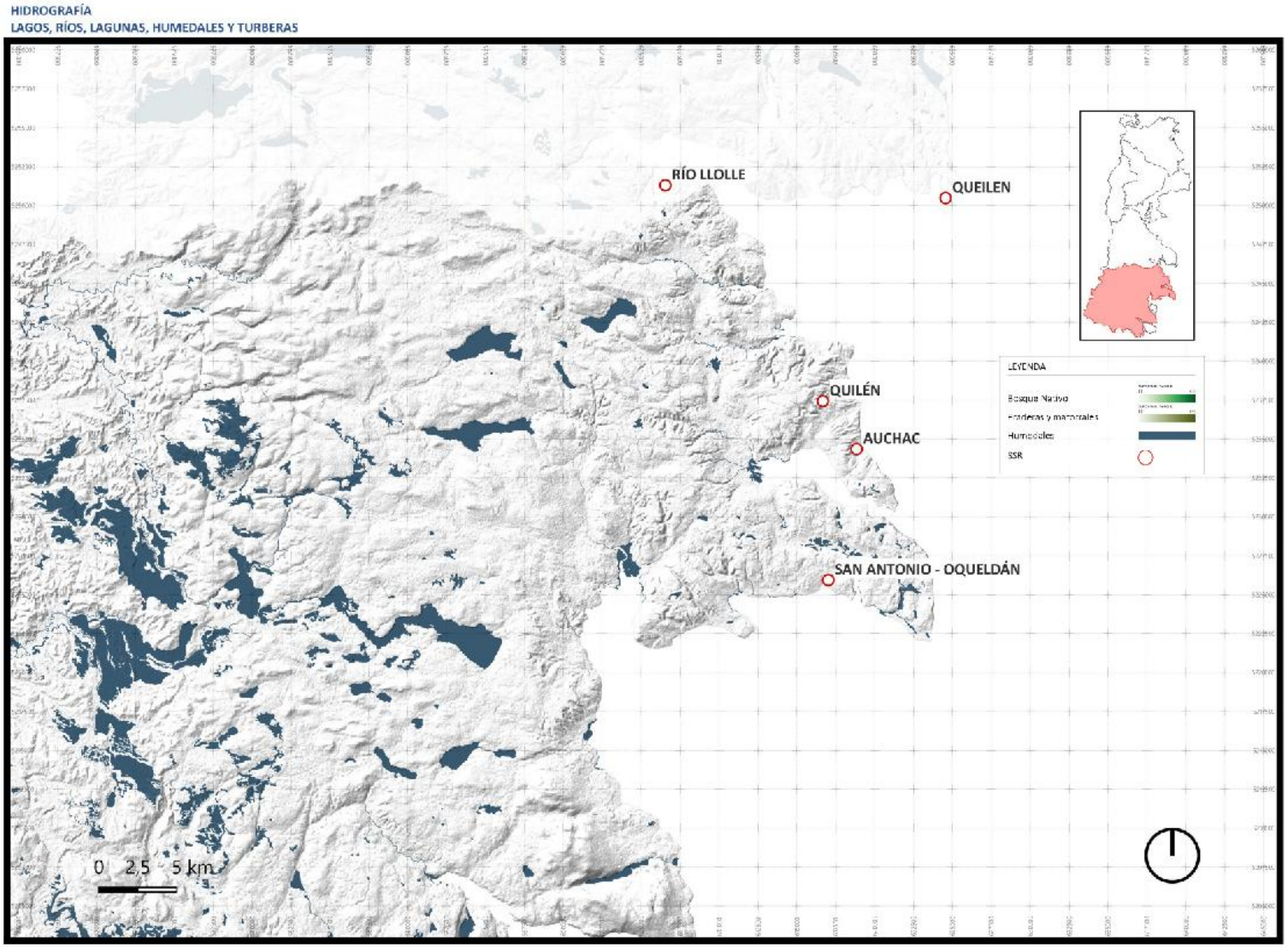


Figura 106. Cobertura de Humedales, SHAC Quellón. Fuente: elaboración Propia

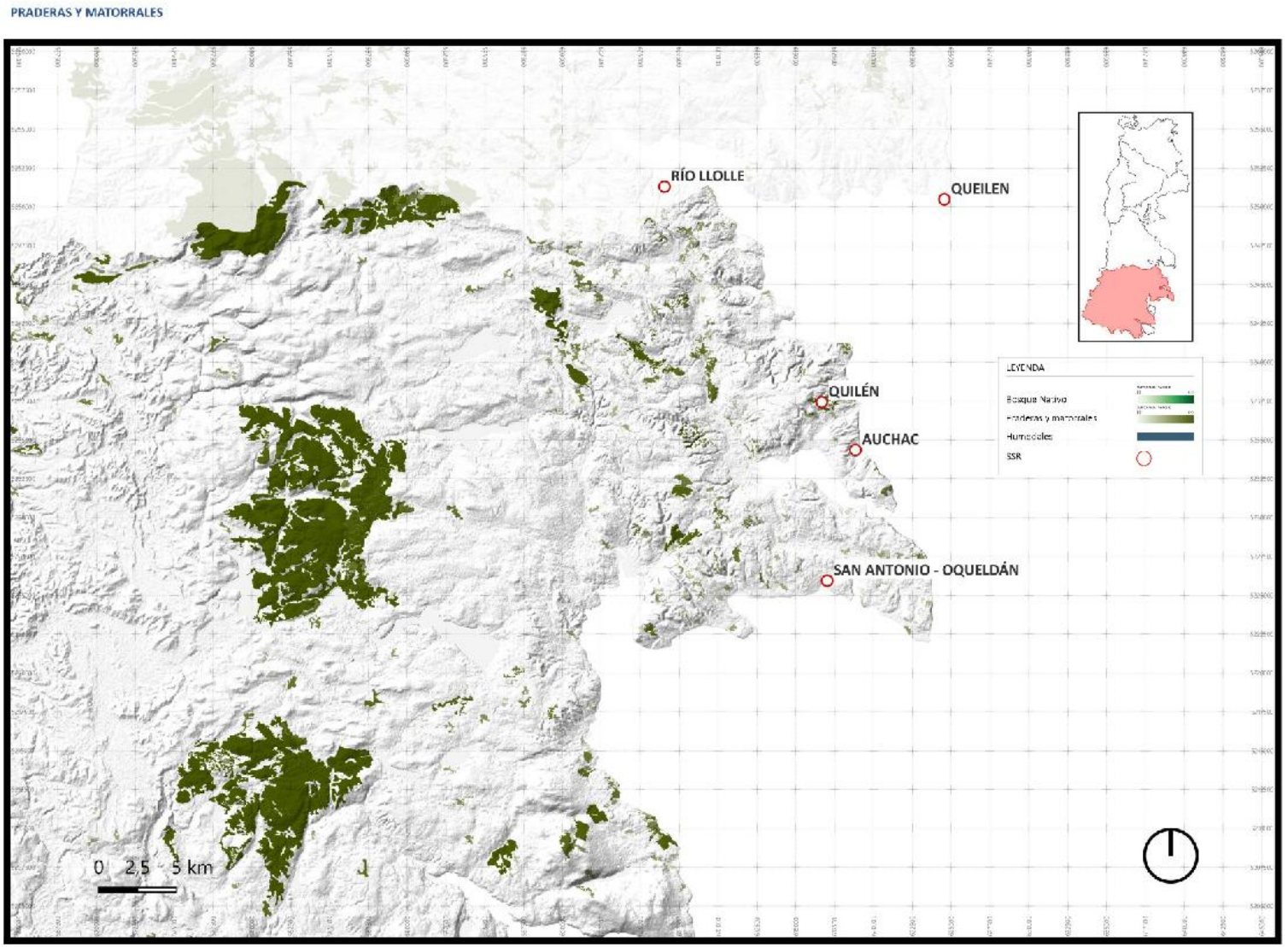


Figura 107.Coberturas de Praderas y Matorrales SHAC Quellón. Fuente: elaboración Propia

7.2.4 CONCLUSIONES

SHAC	ÁREA TOTAL (HAS)	BÓSQUE NATIVO (HAS / %)	HUMEDALES (HAS / %)	MATORRALES Y PRADERAS (HAS / %)	OTROS USOS (HAS / %)
ANCUD	140,577	68,019 has / 48,38%	6,123 has / 4,35%	22,746 has / 16,18%	43,689 has / 31,09 %
CASTRO	65,665	23,781 has / 36,21%	2,761 has / 4,2%	9,089 has / 13.8%	30,034 has / 45,73%
HUILLINCO	173,851	130,506 has / 75,05%	12,085 has / 6,95%	25,427 has / 14,62%	5,833 has / 3,35%
QUELLÓN	274,426	223,242 has / 81,34%	22,087 has / 8,05	28,266 has / 10%	831 has / 0,3%

En los cuatro SHAC analizados se observa una predominancia de coberturas naturales con alto potencial de regulación hídrica, especialmente bosque nativo, cuyo rango va desde 36,21% (Castro) hasta 81,34% (Quellón). Este patrón sugiere que, a escala territorial, el área de estudio conserva una base ecológica significativa en cuanto a los servicios ecosistémicos relacionados con la regulación hídrica. A su vez, los humedales se presentan de manera consistente en todos los SHAC (aprox. 4,2% a 8,05%), aportando funciones críticas de almacenamiento temporal de agua, laminación de crecidas, recarga local y mejora de calidad mediante retención de sedimentos y nutrientes. Las coberturas de matorrales y praderas (entre 10% y 16,18%) aparecen como una matriz intermedia que, según su manejo (pastoreo, drenajes, compactación del suelo), puede mantener o disminuir la capacidad de infiltración y protección de suelos.

No obstante, el análisis evidencia contrastes territoriales importantes que permiten distinguir zonas con mayor integridad ecológica y, por tanto, mayor potencial de regulación, frente a otras con mayor presión antrópica que podrían comprometer la continuidad, cantidad y calidad del suministro de agua en el contexto de cambio climático. En Quellón se observa la condición más favorable, debido al porcentaje de superficie protegida (p. ej.; Parque Tantauco), lo que configura un paisaje altamente dominado por coberturas funcionales para la regulación hídrica y con mínima transformación. El SHAC Huillinco presenta una situación similar de alta prioridad de conservación, reforzando su rol como “infraestructura natural” clave para amortiguar eventos extremos (sequías y lluvias intensas) y sostener caudales base.

En contraste, Castro aparece como el SHAC más tensionado por cambios de uso de suelo debido a la influencia del área urbana de la capital provincial. Esta composición es indicativa de mayor fragmentación de los bosques nativos y potencial aumento de escorrentía

superficial, erosión, sedimentación y riesgos de contaminación de las fuentes de captación, lo que debiera reflejarse en una priorización de medidas de restauración y gestión del territorio (p. ej., recuperación de franjas ribereñas, conectividad de parches de bosque nativo, protección efectiva de humedales y control de intervenciones en zonas de recarga). Ancud, por su parte, presenta una condición intermedia, manteniendo un porcentaje importante de cobertura de suelo con alto potencial de regulación hídrica (bosque nativo, humedales y matorrales y praderas), pero enfrentado a escenarios de transformación territorial producto de proyectos de infraestructura habilitante como el puente Chacao y un eventual terminal de cruceros.

En síntesis, el territorio muestra dos perfiles: (1) SHAC con alta integridad ecológica (Quellón y Huillinco), donde la estrategia debiera enfocarse en conservación, prevención de conversión de coberturas, monitoreo y gobernanza local; y (2) SHAC con mayor intervención (Castro y, en menor medida, Ancud), donde se vuelve crítico implementar medidas de recuperación y ordenamiento para sostener la función de regulación hídrica. Estos resultados respaldan que el bosque nativo y los humedales deben ser tratados como ecosistemas estratégicos prioritarios, orientando medidas (protección, restauración y manejo) en función de su aporte potencial a la cantidad, calidad y continuidad del recurso hídrico para los SSR del área de estudio.

7.3 PROPUESTA DE PERFIL DE PROYECTO QUE CONSIDERE LA APLICACIÓN DE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA PARA UN SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO

7.3.1 PROPUESTA DE PERFIL: ANTECEDENTES GENERALES

7.3.1.1 CONTEXTO EN RELACIÓN AL ÁREA DE ESTUDIO:

El estudio "Análisis para Aplicación de Medidas de Adaptación al Cambio Climático en Contexto de Sequía en Servicios Sanitarios Rurales (SSR) de la Isla Grande de Chiloé" se entiende como un insumo para la implementación de los compromisos ministeriales asociados al Plan Sectorial 2024–2029. El estudio fue licitado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el MOP y adjudicado a la Universidad del Desarrollo, en el marco de una propuesta interdisciplinaria orientada a la investigación aplicada y al desarrollo de soluciones innovadoras para fortalecer la seguridad hídrica rural. En términos de política pública, el foco en SSR resulta especialmente pertinente, dado que la provisión de agua potable y saneamiento en sectores rurales depende de sistemas comunitarios que enfrentan brechas históricas en infraestructura, operación, gestión y asistencia técnica, que se intensifican en escenarios de reducción de las precipitaciones, aumento de las temperaturas y mayor recurrencia de eventos extremos.

A nivel nacional, la "megasequía" y el avance del déficit hídrico han dejado de ser fenómenos acotados a la zona centro-norte y se han extendido a territorios del sur del país. En particular, la Región de Los Lagos —históricamente asociada a altos niveles de precipitación— ha comenzado a experimentar señales cada vez más claras de estrés hídrico, lo que se manifiesta con especial fuerza en zonas insulares y costeras, como el archipiélago de Chiloé. Esta condición ha derivado en decisiones de emergencia y en el uso de herramientas normativas para asegurar el consumo humano de agua, incluyendo la declaración de escasez hídrica en la Provincia de Chiloé y medidas excepcionales de gestión del recurso. En la misma línea, el MOP dictó el Decreto N° 25 de Escasez Hídrica para la provincia de Chiloé, posteriormente prorrogado mediante el Decreto MOP N° 47, que habilitó medidas de protección del recurso y fortaleció acciones orientadas a asegurar la provisión de agua potable en zonas rurales.

En el contexto regional, la Isla Grande de Chiloé presenta condiciones socio-territoriales y ambientales que potencian los efectos del cambio climático sobre los SSR. Desde 2010, se observa una disminución de las precipitaciones —más marcada en el sector noroeste del archipiélago—, junto con una extensión de la temporada seca durante el verano y los inicios del otoño. Estas tendencias no se manifiestan de manera homogénea en el territorio insular: mientras en sectores del sur se mantiene un patrón estacional más cercano al histórico, en el norte se evidencian veranos más extensos y periodos más prolongados de escasez de

lluvias, con impactos directos en sistemas de captación de pequeña escala y en localidades rurales con infraestructura limitada. Esta situación tensiona la capacidad de los SSR para asegurar la cantidad, la calidad y la continuidad del suministro, especialmente en los períodos estivales, cuando la disponibilidad de agua disminuye y la demanda tiende a aumentar.

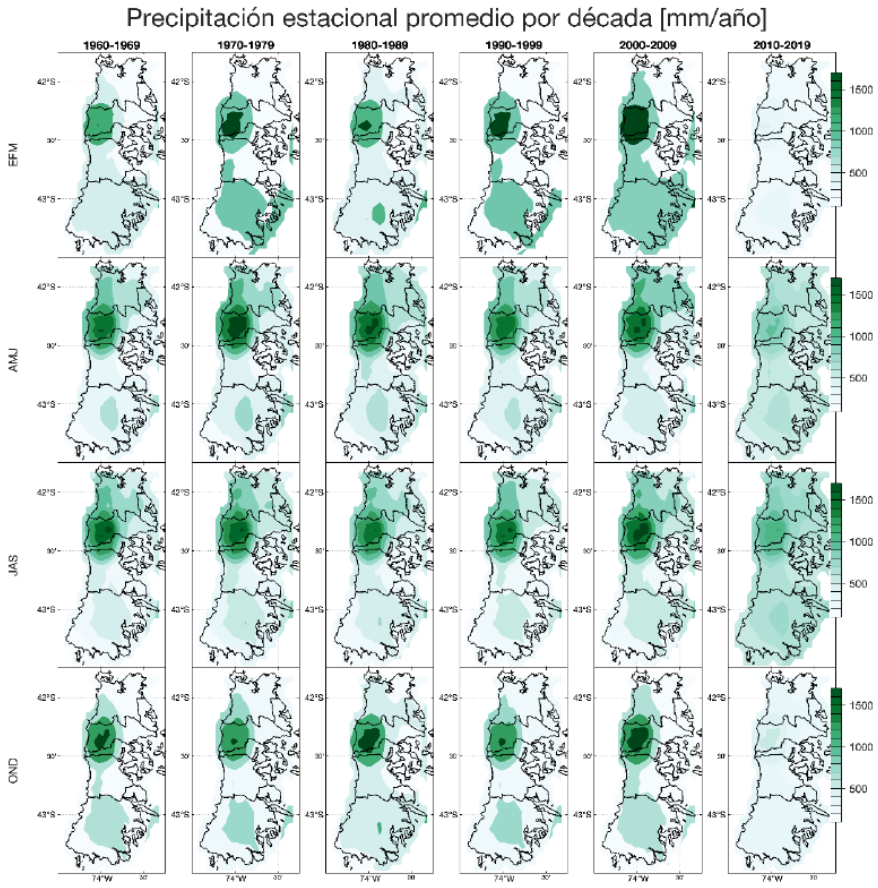


Figura 108[i]: Mapa de precipitación anual promedio por década (1960-2020) que muestra una disminución progresiva, especialmente desde 2010. Incluir la ubicación de SSR superpuesta para visualizar la expansión de los sistemas coincidente con períodos de mayor escasez.

A lo anterior se suman transformaciones territoriales recientes que reconfiguran la presión sobre el agua y la gestión comunitaria de los SSR. En los últimos años, la Isla Grande de Chiloé ha experimentado la expansión de la infraestructura de conectividad, el crecimiento de parcelaciones y loteos en suelo rural y un aumento significativo del turismo en verano, con un mayor consumo de agua precisamente en los meses más secos del año. A estas dinámicas se agregan procesos económicos y demográficos asociados a la industria acuícola y mitilicultora, así como cambios pospandemia que han incidido en la localización y la

magnitud de la población en el territorio, factores que complejizan la planificación y refuerzan la necesidad de una mirada prospectiva e integrada sobre la seguridad hídrica rural.

En este escenario, el desafío ya no se limita a responder de manera reactiva ante episodios de escasez, sino a fortalecer capacidades adaptativas que permitan anticipar, reducir vulnerabilidades y sostener el funcionamiento de los SSR frente a amenazas climáticas presentes y futuras. Esto implica, de acuerdo con los énfasis del estudio, abordar simultáneamente mejoras en infraestructura y operación; fortalecer la gestión comunitaria mediante capacitación y asistencia técnica; avanzar en la coordinación interinstitucional y el registro de operadores; y desarrollar enfoques complementarios de protección de fuentes y cuencas, incorporando Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) cuando corresponda.

Este Informe sistematiza este trabajo y presenta sus hallazgos a partir de una aproximación interdisciplinaria que integra: caracterización hidroclimática y proyecciones; análisis del territorio y de sus transformaciones; levantamiento y diagnóstico participativo con actores locales; y una propuesta de medidas de adaptación —estructurales y no estructurales— junto con lineamientos SbN aplicables al contexto insular. De este modo, el estudio busca contribuir al desarrollo de directrices y acciones replicables en otros territorios costeros y/o insulares del país que enfrentan desafíos análogos en materia de seguridad hídrica y de adaptación al cambio climático.

7.3.1.2 DEFINICIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO:

Se seleccionaron 15 SSR prioritarios en la Isla Grande de Chiloé, lo que representa el 16 % de los 92 sistemas operativos de la Isla Grande. La selección se realizó mediante criterios territoriales que aseguraran la cobertura de los 6 SHAC de la isla y la representatividad de diferentes zonas climáticas; criterios operacionales que consideraran la diversidad de tipos de fuentes, la variedad de tamaños por número de arranques y diferentes modelos de gestión; así como criterios de vulnerabilidad basados en la exposición a amenazas climáticas, las brechas de infraestructura identificadas y las capacidades adaptativas diferenciadas.

Los 15 SSR seleccionados fueron: Manao, Coñimo, Tantauco, Calle, Pupelde, Píndaco-Quitripulli, Astillero-Punahuel, Rilán, Pid Pid, Llau Llao, Río Llolle, Queilén, Auchac, Quilen, y Villa Corcovado-San Antonio-Oqueldán. Estos sistemas representan adecuadamente la heterogeneidad de situaciones presentes en la isla, desde SSR pequeños con menos de 50 arranques hasta sistemas con más de 300 usuarios.



Figura 109: Mapa la Isla Grande de Chiloé que señala los 15 Servicios Sanitarios Rurales que conformaron el área de estudio.

7.3.1.3 CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LOS SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO:

La caracterización de los SSR visitados reveló un panorama heterogéneo, pero con patrones comunes de vulnerabilidad. En términos de infraestructura, predomina el uso de fuentes superficiales, particularmente vulnerables a la variabilidad estacional. Una proporción significativa de los sistemas presenta una infraestructura obsoleta o deteriorada, con componentes que han superado su vida útil. La capacidad de almacenamiento resulta insuficiente para mitigar la demanda estival, especialmente ante las proyecciones de una mayor estacionalidad climática. Un hallazgo crítico es la ausencia casi total de sistemas de tratamiento de aguas servidas, lo que genera impactos ambientales y sanitarios sin resolver. En el ámbito de la gestión, se observaron organizaciones comunitarias con capacidades muy heterogéneas, desde directivas renovadas y técnicamente competentes hasta comités con limitaciones importantes en la gestión administrativa y financiera. Las debilidades en el mantenimiento preventivo son comunes y predomina un enfoque reactivo ante las fallas. La falta de registros sistemáticos sobre la calidad del agua dificulta el cumplimiento normativo y la gestión proactiva.

La demanda presenta una marcada estacionalidad, con picos en verano asociados al turismo y al retorno de la población flotante, lo que tensiona los sistemas dimensionados para la población base. Las proyecciones de crecimiento demográfico, aunque moderadas, generan una presión adicional. Además, existen usos complementarios del agua, como el riego de huertas y la ganadería menor, que compiten por el recurso en períodos de escasez. A nivel local, los sistemas siguen operando mayoritariamente como comités comunitarios sin fines de lucro, que dependen de la participación y la organización de sus socios.

En Chiloé, esta realidad es especialmente evidente: de los 92 SSR registrados en la Isla Grande de Chiloé, 91 corresponden a comités, y solo uno es administrado por una municipalidad. La predominancia del modelo comunitario demuestra la relevancia de las redes sociales locales, pero también revela la fragilidad del sistema ante cambios normativos o presiones externas.

La gestión del agua en la Isla está fuertemente atravesada por un escenario de competencia por el recurso. Los datos de la Dirección General de Aguas muestran más de 2.400 derechos inscritos en el territorio, distribuidos entre usos consuntivos y no consuntivos. Actividades como la energía hidroeléctrica, la piscicultura, el riego y la industria mantienen una presencia significativa, en algunos casos con volúmenes muy superiores a los asignados al consumo humano. Comunas como Chonchi y Dalcahue concentran un amplio espectro de derechos, lo que evidencia un tejido productivo diversificado, pero también una presión considerable sobre las fuentes de agua. El análisis territorial revela un patrón marcado: las zonas más densamente pobladas —especialmente en torno a la Ruta 5— son también las que presentan

la mayor superposición entre los puntos de captación y los SSR. En el norte de la Isla predominan las captaciones subterráneas; en el sur, las superficiales. Esta distribución, sin embargo, no siempre coincide con la disponibilidad real del recurso: Ancud, por ejemplo, muestra un déficit de acuífero que pone en riesgo la sostenibilidad de sus sistemas, mientras que en varias zonas de la Isla aún persiste la necesidad de camiones aljibe, símbolo de la fragilidad del abastecimiento en verano.

Aunque los SSR han aumentado en número, especialmente desde los años 2000, este crecimiento no siempre ha estado acompañado de mejoras en la infraestructura o de la diversificación de fuentes. Solo dos de los 92 sistemas cuentan con infraestructura de tratamiento de aguas servidas, lo que constituye una brecha crítica en la gestión integral del ciclo del agua. Asimismo, la transición acelerada desde fuentes superficiales a subterráneas, impulsada por la estacionalidad climática y la degradación de los cuerpos de agua, plantea un desafío mayor: los acuíferos son un recurso limitado, cuya recarga es cada vez más incierta debido a los cambios en el uso del suelo y a la disminución de las precipitaciones. En la práctica, la Isla está pasando de depender de un recurso renovable a uno no renovable, una tendencia que exige planificación y regulación a largo plazo.

Para entender estas dinámicas de manera integrada, el informe propone un modelo socio-hidrológico que articula tres subsistemas: el ecológico, el institucional y el comunitario. En el primero, se destaca cómo la transformación del uso del suelo —urbanización, tala de bosque nativo, expansión agrícola, extracción de pompón— afecta procesos clave del ciclo del agua, alterando la capacidad del territorio para retener, infiltrar y regular la disponibilidad del recurso. En el segundo subsistema, la normativa hídrica aparece como un marco que busca equilibrar los usos, garantizar el caudal ecológico y priorizar el consumo humano, aunque coexiste con un uso doméstico no regulado (pozos y norias particulares) que escapa a los mecanismos de control. Finalmente, en el nivel comunitario, la operación de los SSR depende de la capacidad local para sostener la producción y la distribución del agua, asegurar la calidad, mantener la infraestructura y gestionar las tarifas y el financiamiento.
En conjunto, la caracterización de los SSR de la Isla Grande de Chiloé revela un sistema profundamente interdependiente entre la comunidad, el territorio y la institucionalidad. Los SSR cumplen un rol fundamental para garantizar el acceso al agua potable en zonas rurales, pero operan en un entorno en el que la presión hídrica, los cambios ambientales y las exigencias administrativas aumentan. En este escenario, su resiliencia dependerá no solo de mejorar su infraestructura y profesionalizar su gestión, sino también de fortalecer las capacidades territoriales y avanzar hacia una gobernanza del agua que reconozca la vulnerabilidad insular y promueva un uso sostenible y equitativo del recurso.

7.3.1.4 ELECCIÓN DE SSR PARA DESARROLLO DE PROYECTO PILOTO:

A partir de la evaluación de la vulnerabilidad de los 15 SSR que conforman el área de estudio, se determinó que el SSR de Manao reúne las condiciones ideales para el desarrollo del piloto. Por una parte, se encuentra ubicado en el SHAC de Ancud, el único con balance hídrico negativo, con disminución de las precipitaciones y aumento de la estacionalidad. Adicionalmente, es un SSR que dio cuenta de desafíos en materia de **(1) continuidad del suministro producto de los recurrentes cortes de luz** que afectan la zona, y -al igual que otras áreas de la costa oriental de la comuna de Ancud- ha registrado un aumento significativo en la llegada de veraneantes durante la temporada estival, lo que incrementa la presión sobre los sistemas de agua potable rural y hace necesario un proyecto integral que aborde la **(2) protección de la(s) fuente(s) de agua (y su respectiva microcuenca)**, así como el mejoramiento de la infraestructura existente, para hacer frente a los desafíos que se detallan a continuación. Finalmente, la directiva del SSR de Manao, ofrece capacidades y competencias que garantizan una eventual implementación de un proyecto piloto a escala de gestión de cuenca y mejoramiento de la infraestructura.

Es por esa razón, que a continuación se plantean dos propuestas de proyecto piloto, que permitan abordar los desafíos planteados, con una mirada sistémica y con potencial de escalabilidad y replicabilidad en diversos contextos geográficos.

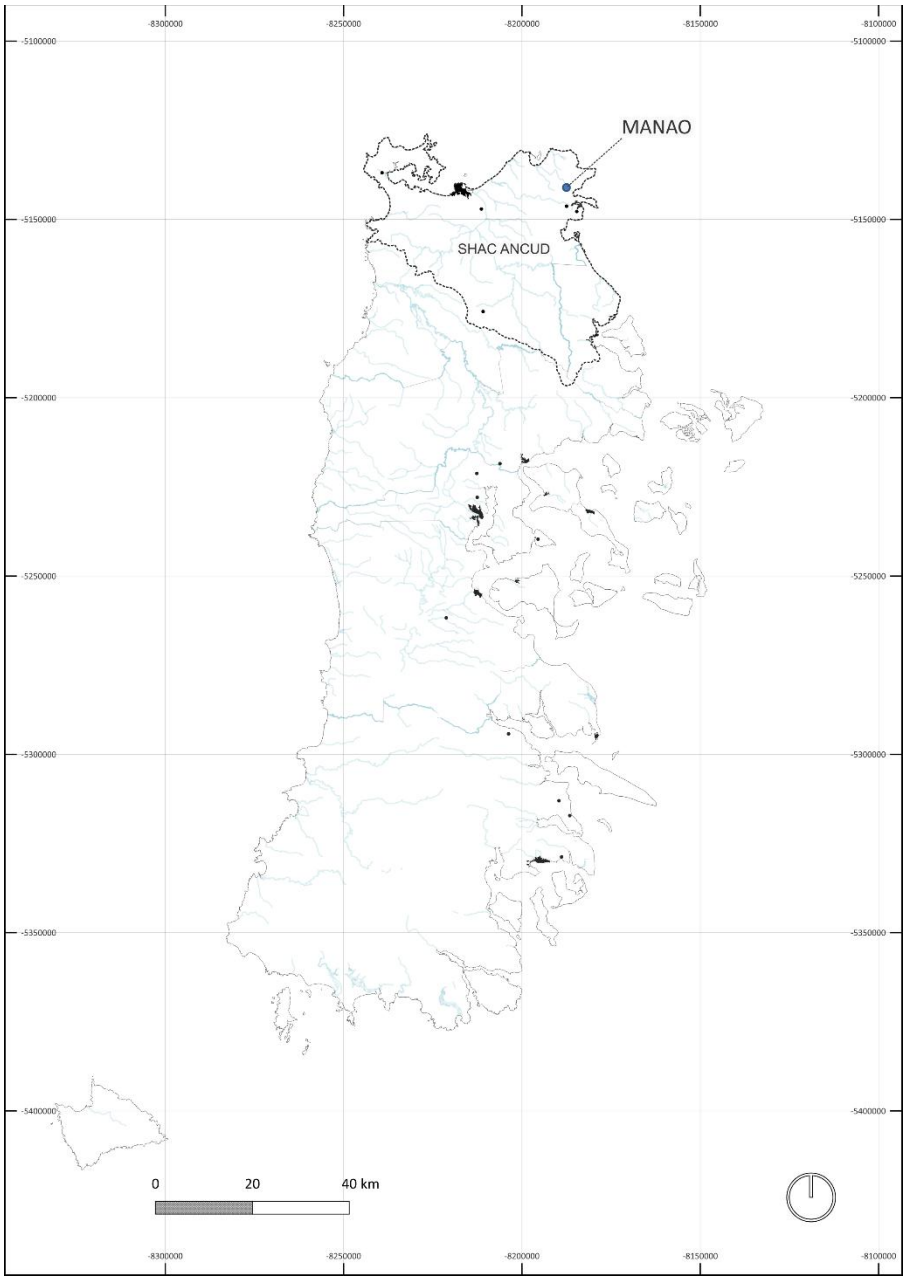


Figura 110: Mapa de la Isla Grande de Chiloé que señala la ubicación del SSR de Manao.

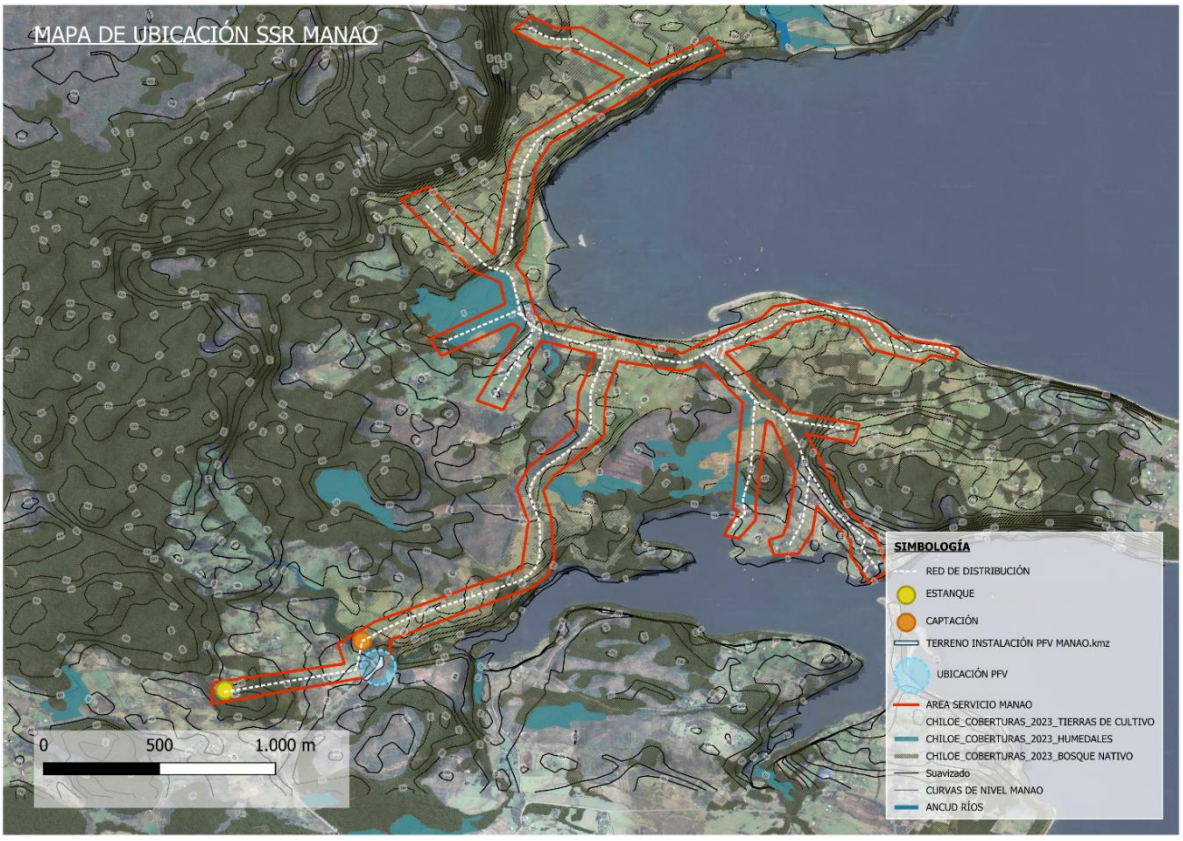


Figura 111: Mapa área de operación SSR Manao con identificación de ecosistemas estratégicos para la regulación hídrica

7.3.2 PROPUESTA DE PERFIL DE ESTUDIOS BÁSICOS PARA UN PLAN DE MANEJO DE LA CUENCA DEL ESTERO HUEIHUÉ, SSR MANAO.

7.3.2.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO

a. Objetivo general

El objetivo del estudio es elaborar un Plan de Manejo para la cuenca del estero Hueihué, fuente única de abastecimiento de agua en el sector de Manao, Ancud. Esto, con el propósito de elaborar estrategias y líneas de acción que permitan hacer frente a los desafíos relacionados con la disponibilidad y la calidad del agua, y con la protección de los ecosistemas y paisajes que favorecen el manejo de la erosión y la infiltración.

b. Objetivos específicos

Elaborar un diagnóstico detallado del área de estudio que permita caracterizar el territorio en términos de sus dimensiones geomorfológicas, hidrológicas y socioecológicas.

Identificar las brechas y los desafíos en la protección de la(s) fuente(s) de agua y en la gestión participativa del cuidado de la cuenca.

Desarrollar un portafolio de medidas para abordar las brechas identificadas, incluyendo la identificación de los actores involucrados, los requisitos técnicos, las posibles fuentes de financiamiento y un cronograma.

7.3.2.2 COMPONENTES Y ACTIVIDADES PRINCIPALES

a. ***COMPONENTE 1****: ACTIVIDADES PRELIMINARES*

- Ajuste metodológico
- Plan de trabajo detallado
- Recopilación de antecedentes[ii]

b. ***COMPONENTE 2****: DIAGNÓSTICO TERRITORIAL Y LÍNEA DE BASE* [iii]

Tanto los antecedentes del estudio "*Análisis para Aplicación de Medidas de Adaptación al Cambio Climático en Contexto de Sequía en SSR de la Isla Grande de Chiloé*" (BID–MOP–UDD), como sus fuentes bibliográficas constituyen un insumo de base fundamental para el diagnóstico propuesto, evitando duplicaciones y asegurando coherencia metodológica.

- **Caracterización hidro-geomorfológica del área de estudio:** que contemple la delimitación de la cuenca y sus divisorias de aguas, la identificación de áreas tributarias, la determinación de la existencia y características de acuíferos, el levantamiento y caracterización de humedales, la elaboración de un modelo topográfico, y el análisis de pendientes críticas y sectores con mayor susceptibilidad a procesos erosivos.[iv]

- **Balance hídrico:** análisis de las entradas (precipitación) y de las salidas (caudal y evapotranspiración) para determinar la disponibilidad del recurso hídrico en el área de estudio.
- **Calidad del agua:** parámetros físico-químicos y biológicos para evaluar los niveles de contaminación.
- **Geología y suelos:** tipos de suelo y determinación de los usos que representen riesgo de erosión, inestabilidad ribereña y/o amenazas a la calidad del agua.
- **Cobertura vegetal y ecosistemas:** inventario georreferenciado de la flora nativa, incluyendo ecosistemas terrestres y acuáticos (si aplica).

c. ***COMPONENTE 3****: GOBERNANZA Y GESTIÓN PARTICIPATIVA:*[v]

- **Levantamiento de la tuición de los terrenos** al interior de la cuenca, ya que es determinante para la viabilidad de las medidas de manejo propuestas.
- **Instancias participativas;** que involucren a la directiva del SSR, a los usuarios y diversos involucrados en la gestión de la cuenca, tanto actores públicos como privados. [vi]
- **Capacitación técnica y administrativa;** para la directiva del SSR en materia de Soluciones Basadas en la Naturaleza para fortalecer las capacidades de gestión y manejo de cuenca. En esta instancia participan tanto la directiva del SSR, como sus usuarios y terceros involucrados en la gestión de la cuenca. También deberá incorporarse a la DOH y a la DGA.

d. ***COMPONENTE 4:*** *PROPUESTA DE MEDIDAS:*

- **Elaboración de una propuesta de medidas** a partir de los antecedentes detallados levantados en la componente 2, con el objeto de crear un plan de gestión de cuenca para fortalecer los controles ribereños, prevenir la erosión, promover la reforestación y proteger los humedales (si los hubiera). Se deberá incorporar un enfoque de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) que apoye la protección de la(s) fuente(s) de agua y de la cuenca. [vii] [viii]
- Elaboración de un presupuesto referencial asociado a las medidas propuestas, considerando los costos de implementación, operación, mantención, monitoreo y gestión, según corresponda. El presupuesto deberá identificar, de manera preliminar, las principales partidas y las escalas de intervención.
- **Elaboración de una hoja de ruta** a corto, mediano y largo plazo para la ejecución de las medidas propuestas. Identificando a los actores involucrados (público, privado y sociedad civil), las posibles fuentes de financiamiento de cada medida, así como los requisitos técnicos y los permisos asociados.

7.3.2.3 CRONOGRAMA

A continuación, se plantea una propuesta de cronograma para dar cumplimiento a las actividades planteadas en el capítulo anterior:

Actividad	Comp.	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
Ajuste metodológico y plan de trabajo	1												
Recopilación de antecedentes bibliográficos	1												
Caracterización hidro-geomorfológica	2												
Balance hídrico (campaña de aforos)	2												
Calidad del agua (muestreo físico-químico)	2												
Geología, suelos y cobertura vegetal	2												
Levantamiento tuición de terrenos	3												
Instancias participativas (talleres)	3												
Capacitación técnica directiva SSR	3												
Síntesis diagnóstico territorial	2-3												
Elaboración propuesta de medidas SbN	4												
Presupuesto referencial de medidas	4												
Hoja de ruta y fuentes de financiamiento	4												
Borrador Plan de Manejo de Cuenca	4												
Revisión y validación con actores	3-4												
Entrega final e informe	4												

7.3.2.4 PRESUPUESTO ESTIMADO

A continuación, se presentan presupuestos estimados para las distintas componentes que considera el Plan de Manejo de Cuenca en el SSR de Manao:

a) Diagnóstico y estudios base (Componentes 1 y 2)

Ítem	Costo referencial (CLP, sin IVA)
Levantamiento topográfico con drone (microcuenca ~500 ha)	$3.500.000 – $5.000.000
Aforos y balance hídrico (4 campañas)	$4.000.000 – $6.000.000
Análisis calidad de agua (2 campañas, parámetros completos)	$2.000.000 – $3.500.000
Estudio geológico/suelos y cobertura vegetal	$3.000.000 – $5.000.000
Consultoría gobernanza y talleres participativos	$4.000.000 – $6.000.000
Subtotal diagnóstico	~$17.000.000 – $25.000.000

b) Medidas de restauración ribereña y control de erosión (SbN)

Ítem	Unidad	Precio unit. ref.	Escala típica	Costo estimado
Reforestación con especies nativas (mano de obra + plantas)	ha	$800.000 – $1.200.000/ha	5–15 ha	$4.000.000 – $18.000.000
Fajas ribereñas (exclusión de ganado + cerco)	m lineal	$3.000 – $5.000/m	1.000–2.000 m	$3.000.000 – $10.000.000
Zanjas de infiltración / subsolado	m lineal	$1.500 – $2.500/m	500–1.500 m	$750.000 – $3.750.000
Revegetación de taludes erosionados	m²	$2.000 – $4.000/m²	500–2.000 m²	$1.000.000 – $8.000.000
Protección de humedales (señalética, exclusión)	Global	$2.000.000 – $5.000.000	—	$2.000.000 – $5.000.000

c) Plan de Manejo en su totalidad (referencia)

Proyectos análogos como los de *"Aliados por el Agua"* (María Pinto/Curacaví, Fundación Avina/EH2030) o los planes de manejo de cuencas abastecedoras de APR en la Región de Los Ríos (FORECOS) se han ejecutado en rangos de **$60 a $120 millones CLP** para la fase de estudios más un portafolio inicial de medidas de bajo costo. Las medidas de infraestructura

verde de mayor envergadura (reforestación masiva, obras de regulación) pueden sumar otros $80–$200 millones CLP dependiendo de la escala.

NOTA: *Los valores presentados son referenciales. Como parte del Plan de Manejo de Cuenca, se deberán detallar los costos en base a la Componente 4: Propuesta de Medidas.*

7.3.2.5 RESULTADOS ESPERADOS

a) ***Resultado principal:*** Contar con un Plan de Manejo de Cuenca de la DGA como instrumento complementario y como posible vía de coordinación institucional. El Plan de Manejo de Cuenca que se propone desarrollar podrá servir de insumo para justificar la priorización del Estero Hueihué como área de intervención dentro del marco PERCH aplicable a la Isla Grande de Chiloé.

b) *Resultados específicos:*

Conocimiento técnico del sistema hidrológico y ecosistémico que sustenta el funcionamiento del SSR de Manao:

- Delimitación y caracterización de la microcuenca y de sus subunidades.
- Diagnóstico de la oferta y la demanda actuales y proyectadas.
- Identificación de zonas críticas de recarga, erosión, escorrentía y riesgo de contaminación derivadas de actividades rurales -u otras- que tengan lugar en la microcuenca. Adicionalmente, se deben analizar los derechos de aprovechamiento de agua existentes en la zona, utilizados por terceros, que podrían afectar el balance hidrológico de la cuenca.
- Línea de base de la calidad del agua, análisis de los sistemas de aguas servidas utilizados —y sus implicancias en la calidad del acuífero— y de los ecosistemas estratégicos con potencial de regulación hídrica. Esto implica un análisis de los sistemas de aguas servidas que se están implementando en el sector y de sus implicancias en la calidad del agua del acuífero.
- Articular alianzas público-privadas para la gestión de la cuenca, especialmente con propietarios privados con terrenos relevantes para la recarga hídrica o la protección ribereña

Apoyo a la directiva del SSR de Manao en los procesos de toma de decisiones:

- Identificación de amenazas climáticas y de escenarios futuros de la disponibilidad hídrica.
- Priorización de los riesgos que afectan a la disponibilidad, la calidad y la continuidad del suministro.

- Definición de medidas de adaptación al cambio climático costo-efectivas (de acuerdo con las normas, instituciones y procedimientos del SIN), que incluyan una categorización para identificar aquellas que pueden ser abordadas por el comité y aquellas que requieren articularse con otras instituciones públicas.

Fortalecimiento de la gobernanza local:

- Vincular, durante el proceso de generación del Plan, a la directiva del SSR, a los usuarios, a los socios y a otros actores involucrados en la gestión de la cuenca.
- Lograr una mayor coordinación entre el SSR, los usuarios, el municipio y diversos actores e instituciones vinculados a la gestión del SSR.
- Hoja de ruta para la implementación del modelo de gobernanza.

Portafolio de proyectos y potenciales vías de financiamiento:

- Perfilamiento de iniciativas a corto, mediano y largo plazo.
- Identificación de fuentes de financiamiento público y privado.[ix]

Potencial de replicabilidad regional:

- Identificación del potencial de escalabilidad y replicabilidad de las medidas propuestas en otros territorios insulares y contextos de escasez hídrica.

7.3.2.6 BENEFICIARIOS

- *Directos:*

Corresponden a los usuarios abastecidos por el SSR Manao, equivalentes a 214 arranques domiciliarios, lo que representa una población estimada de entre 600 y 750 habitantes permanentes, considerando el tamaño promedio de un hogar rural. Asimismo, se incorporan la población estacional, que incrementa la demanda durante la temporada estival, y los equipamientos comunitarios que dependen del sistema.

- *Indirectos:*

Corresponden a la población y a las actividades ubicadas dentro del área de influencia de la cuenca abastecedora del estero Hueihué y del sector Manao, incluyendo residentes no conectados al sistema, actividades turísticas y productivas locales, propietarios rurales, organizaciones comunitarias y actores institucionales vinculados a la gestión hídrica. También se consideran otros SSR de Chiloé que podrían replicar la metodología y resultados del piloto.

7.3.3 PROPUESTA DE PERFIL DE PROYECTO PARA EL SISTEMA DE RESPALDO ENERGÉTICO (SSR) MANAO.

7.3.3.1 PROBLEMÁTICA

De acuerdo con los datos obtenidos tanto en la visita en terreno, como por registros proporcionados por el equipo directivo y operativo del SSR de Manao, el diagnóstico es consistente con las conclusiones del estudio respecto de los efectos que está teniendo el Cambio Climático en la disponibilidad y continuidad del servicio de agua potable en zonas rurales.

No obstante, el SSR de Manao evidencia una dependencia considerable del suministro eléctrico convencional para sostener sus sistemas de bombeo y sus equipos de tratamiento de aguas.

Esto representa una vulnerabilidad relevante en términos de:

- Riesgo de interrupción del servicio ante cortes de energía.
- Aumento sostenido de los costos operativos asociados al consumo de energía.
- Escasa autonomía operativa ante emergencias (considerando que cuentan con un generador diésel).
- Necesidad de mayor resiliencia frente a los eventos climáticos cada vez más frecuentes que provocan interrupciones en el suministro eléctrico.
- Capacidad de respuesta limitada si la bomba debiese operar durante más horas debido al aumento de la demanda.

Sin embargo, el territorio de Chiloé ofrece condiciones favorables para la generación de energías renovables, dadas las estables condiciones de viento a lo largo del año, que se complementan con el potencial de generación de energía solar entre septiembre y febrero.

De ahí que se proponga un proyecto piloto de soporte energético para el SSR de Manao.

7.3.3.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

a) Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema de generación y almacenamiento de energía a partir de fuentes renovables que favorezca la autonomía y continuidad operativa, reduzca los costos y aumente la resiliencia y las capacidades de adaptación al Cambio Climático del SSR de Manao, con un enfoque de escalabilidad y replicabilidad a otras realidades, tanto dentro de la Isla como en el resto del territorio nacional.

b) Objetivos específicos

- Reducir la dependencia de la red eléctrica convencional frente a interrupciones del suministro eléctrico, logrando así dar continuidad al servicio.
- Contribuir a la reducción de los costos operativos del SSR de Manao.

7.3.3.3 ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA

ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Conforme al Instructivo para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Energización de Servicios Sanitarios Rurales (MDSF, 2025), para SSR existentes la demanda se estima a partir de la facturación histórica de la empresa distribuidora, considerando 12 meses consecutivos. A continuación, se registra la información requerida:

Datos del suministro eléctrico actual del SSR Manao:

Información	Detalle
Empresa distribuidora	Sociedad Austral de Electricidad S.A.
N° de cliente	10842275
Dirección del Suministro	Manao, Ancud. Chiloé Los Lagos.
Tipo de tarifa contratada	AT43
Tarifa energía ($/kWh con IVA)	116
Potencia conectada (kW)	15,0 kW

Tabla A: Demanda energética mensual del SSR Manao (año 2025). Los valores se completarán con las 12 boletas SAESA 2025:

Mes	kWh/mes (boleta)	Demanda máxima (kW)	Costo ($)
Enero	1.932	5,84 kW	$408.800
Febrero	2.083	6,42 kW	$475.900
Marzo	1.498	5,62 kW	$329.700
Abril	1.878	5,69 kW	$397.400
Mayo	1.899	5,62 kW	$400.300
Junio	1.725	5,52 kW	$367.600
Julio	1.718	5,68 kW	$351.700
Agosto	1.235	4,60 kW	$252.900
Septiembre	1.654	5,61 kW	$326.200
Octubre	1.371	5,51 kW	$280.200
Noviembre	1.622	5,61 kW	$322.100
Diciembre	1.897	5,48 kW	$409.500
TOTAL ANUAL	**20.512**	—	**$4.322.300**

NOTA: *Fuente: Boletas SAESA 2025 (N° cliente 10842275, medidor 94785795). Consumo total anual 2025: 20.512 kWh/año (promedio mensual: 1.709 kWh/mes). Diciembre 2025 (*) estimado en base a Diciembre 2024 = 1.897 kWh — se actualizará con boleta enero 2026 y un pico de 2.083 kWh/mes (Febrero 2025) (diciembre–febrero), con un costo promedio de $360.192/mes ($4.322.300/año). Estos valores se ratificarán y detallarán con las boletas oficiales de SAESA.*

7.3.3.4 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Factibilidad de conexión a la red:

Los Escenarios 1 y 2A proponen sistemas conectados a la red de distribución de SAESA (on-grid), lo cual constituye una condición obligatoria para la formulación según el Instructivo MDSF. Se deberá gestionar la solicitud de conexión (Formulario N°3 SEC) y obtener la respuesta de la distribuidora (Formulario N°4) antes de la postulación al SNI. En caso de que la distancia entre el empalme y el lugar de instalación supere los 100 metros lineales, se evaluará la configuración de inyección cero (autogeneración, Trámite Eléctrico N°1).

Dimensionamiento del sistema FV:

Conforme al Instructivo MDSF, la regla de dimensionamiento establece que por cada 1 kW instalado se requieren 10 m² de superficie. La generación anual estimada para cada escenario se obtendrá del Explorador Solar del Ministerio de Energía (solar.minenergia.cl/fotovoltaico), ingresando las coordenadas exactas del SSR Manao y la capacidad instalada propuesta.

Tabla B completada con valores calculados del Explorador Solar del Ministerio de Energía para las coordenadas del SSR Manao (lat: -41.9018°, lon: -73.5493°), inclinación 35° orientada al norte, base de datos NSRDB calibrada para el clima marino de Chiloé (alta nubosidad, fracción difusa elevada). Factor de planta estimado: 10,9%. Los valores se deberán confirmar directamente en solar.minenergia.cl/fotovoltaico una vez tramitada la postulación al SNI.

Tabla B: Energía aportada/generada por el sistema FV (kWh/mes) — valores del Explorador Solar:

Mes	Escenario 1 (10 kWp)	Escenario 2A (22 kWp)	Escenario 2B (solo componente eólico)
Enero	1.384	3.044	728,0
Febrero	1.044	2.296	580,0
Marzo	870	1.914	638,0
Abril	552	1.215	777,0
Mayo	357	784	1067,0
Junio	248	547	1343,0
Julio	285	628	1356,0
Agosto	462	1.017	1433,0
Septiembre	696	1.530	969,0
Octubre	993	2.184	933,0
Noviembre	1.209	2.660	810,0
Diciembre	1.469	3.232	926,0
TOTAL ANUAL	**9.569 kWh/año**	**21.051 kWh/año**	**11.560 kWh/año** **32.611 kWh/año (sumando 2A y 2B)**
Cobertura	**47%**	**103% (Netbilling)**	**160% (Netbilling)**

Dimensionamiento del banco de baterías (fórmula MDSF):

El Instructivo recomienda dimensionar el banco en función del consumo diario del SSR y las horas de respaldo requeridas, con una profundidad de descarga (DoD) máxima del 80% para baterías de litio (LFP), y sobredimensionando un 20% para asegurar autonomía y vida útil. Estimación preliminar para el SSR Manao:

Parámetro	Escenario 1	Escenario 2A	Referencia MDSF
Consumo diario estimado (kWh/día)	~56	~56	1.709 kWh/mes ÷ 30
Horas de respaldo requeridas	4 h	8 h	Mínimo recomendado: 4 h
Capacidad nominal requerida (kWh)	~20–30	~60–80	Consumo diario × h respaldo / DoD
Tecnología recomendada	LFP (litio)	LFP (litio)	MDSF recomienda litio
Reinversión baterías	Cada 5 años	Cada 5 años	20% de inversión inicial

7.3.3.5 RESUMEN DEL SISTEMA (POR ESCENARIO):

A continuación, se presenta el resumen de información técnica del sistema conforme a la ficha requerida por el Instructivo MDSF (sección 2.2.4):

Variable	Escenario 1 (Conservador)	Escenario 2A (Intermedio)
Superficie disponible para SFV (m²)	≥ 100 m²	≥ 220 m²
Demanda anual SSR (kWh/año)	20.512 kWh/año	20.512 kWh/año
Energía generada SFV (kWh/año)	9.569 kWh/año	21.051 kWh/año
Porcentaje cobertura (%)	47%	103% (Netbilling)
Capacidad instalada (kW)	10 kWp	22 kWp
Posee baterías	Sí	Sí
Baterías (kWh total)	20–30 kWh	60–80 kWh
N° inversores y potencia (kW)	1 × 15 kW (híbrido)	1 × 20 kW (trifásico)
N° paneles y potencia (kWp/u)	~20 × 500 Wp	~40 × 550 Wp
Ubicación sistema FV	Suelo	Suelo
Distancia empalme–SFV (m)	Confirmar en terreno	Confirmar en terreno

Demanda actual observada

Según los registros operacionales del SSR de Manao (enero a diciembre 2025):

- El consumo energético promedio mensual es de 1.709 kWh/mes.
- El pico de consumo fue de 2.083 kWh/mes.
- Las horas promedio de uso del sistema de impulsión fueron de 290 h/mes.
- El pico de horas de uso del sistema de impulsión fue de 379 h/mes.

Por otro lado, se corrobora con las lecturas lo que se supone en el estudio sobre el impacto de la llegada de veraneantes al sector durante el período estival. Los meses de mayor consumo energético en el SSR de Manao fueron los comprendidos entre diciembre y febrero.

En términos de costos, lo anterior se traduce en un consumo mensual promedio de aproximadamente $360,000, equivalente a $4,320,000 al año (según los datos 2025).

A partir de estos antecedentes, se plantean tres escenarios a evaluar:

7.3.3.6 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN A EVALUAR:

A. ESCENARIO 1: 10 kWp FV on-grid (Netbilling)

La primera propuesta consiste en fortalecer la autonomía operacional del SSR de Manao mediante la generación de energía solar con paneles fotovoltaicos y un sistema de baterías que brinde respaldo parcial ante interrupciones del suministro eléctrico.

La configuración del sistema sería la siguiente:

- Potencia total instalada: 10 kW/año (Fuente: Explorador Solar del Ministerio de Energía). Esto se logra mediante la instalación de aproximadamente 18 paneles (más 2 de repuesto) en una superficie de aproximadamente 100 metros cuadrados, considerando la separación entre ellos.
- Cobertura demanda anual: 47% (9,569 kWh/año generados)
- Un inversor híbrido de 15 kw
- Batería LFP: 28,6 kWh[x]
- Operación conectada a la red.

Este escenario supone una cobertura parcial. Con esto, se pretende dotar al SSR de un cierto grado de autonomía (continuidad operativa) que le permita hacer frente a interrupciones del suministro eléctrico.

La inversión estimada para esta configuración oscila entre $25,000,000 y $30,000,000 (con IVA), según los modelos de los equipos requeridos. [xi]

NOTA: *Estos valores deben corroborarse a partir de los estudios base para el desarrollo del proyecto.*

VENTAJAS:

- Menor inversión inicial (en comparación con las alternativas que se proponen a continuación).
- Implementación rápida y acceso al soporte y al mantenimiento (con disponibilidad de proveedores locales).
- Favorecería a una rebaja en el consumo energético.
- La directiva del SSR acredita la factibilidad del terreno. El que eventualmente sería cedido por un usuario para la instalación del sistema (en la misma ubicación del estanque semienterrado).
- Postulable al Fondo de Acceso a la Energía.[xii]

DESVENTAJAS:

- No asegura autonomía total ante cortes prolongados, lo que en periodos como el invierno implicaría una mayor dependencia de la red.
- Ante episodios de uso prolongado de los sistemas de impulsión, el sistema no sería capaz de ofrecer autonomía.

EVALUACIÓN DEL SISTEMA – ESCENARIO 1:

Tabla Resumen de Variables para Cálculo:

Tamaño del sistema	**10**	**kW**
Considera baterías	Si	
Tamaño batería	28	kWh
Inversión (Con IVA) $	30,000,000	
Tipo de tarifa eléctrica	AT43	
Precio o Tarifa (Con IVA)	221	$/kWh
Fecha Tarifa eléctrica	09-06-2026	
Factor de Emisión Sistema Eléctrico	0,20206	$kgCO_2$ eq/kWh

Porcentaje Reinversión del proyecto	20%	% de inversión total
Costo de Reinversión (Con IVA) $	6,000,000	
Año / Período de re inversión	5	años
Costo del terreno	0	

Tabla Beneficios Sociales:

(Horizonte de Evaluación)	VALORACIÓN ENERGÍA - GENERADA SFV $ (Incluye degradación de los paneles)	Cuantificación del CO_2		VALORACIÓN DISMINUCIÓN DEL CO_2 eq/kWh
		kg CO_2/año	ton CO_2/año	
Año 1	$ 1.723.787	1.876	1,88	132.298
Año 2	$ 1.715.168	1.866	1,87	131.637
Año 3	$ 1.706.592	1.857	1,86	130.979
Año 4	$ 1.698.059	1.848	1,85	130.324
Año 5	$ 1.689.569	1.838	1,84	129.672
Año 6	$ 1.681.121	1.829	1,83	129.024
Año 7	$ 1.672.716	1.820	1,82	128.379
Año 8	$ 1.664.352	1.811	1,81	127.737
Año 9	$ 1.656.030	1.802	1,80	127.098
Año 10	$ 1.647.750	1.793	1,79	126.463
Año 11	$ 1.639.511	1.784	1,78	125.830
Año 12	$ 1.631.314	1.775	1,77	125.201
Año 13	$ 1.623.157	1.766	1,77	124.575
Año 14	$ 1.615.041	1.757	1,76	123.952
Año 15	$ 1.606.966	1.748	1,75	123.332
Año 16	$ 1.598.931	1.740	1,74	122.716
Año 17	$ 1.590.937	1.731	1,73	122.102
Año 18	$ 1.582.982	1.722	1,72	121.492
Año 19	$ 1.575.067	1.714	1,71	120.884
Año 20	$ 1.567.192	1.705	1,71	120.280

Tabla Evaluación Económica Alternativa 1:

Año	Inversión (sin IVA) $	Beneficios Sociales ($/año)		Costos Sociales ($/año)	Flujo Neto Social ($/año)
		Valoración energía generada por sistema fotovoltaico	Valoración Disminución del CO2 equivalente	Operación y mantenimiento	
0	25.013.445				-25.013.445
1	0	1.723.787	132.298	0	1.856.085
2	0	1.715.168	131.637	261.938	1.584.867
3	0	1.706.592	130.979	261.938	1.575.633
4	0	1.698.059	130.324	261.938	1.566.445
5	5.002.689	1.689.569	129.672	261.938	1.557.304
6	0	1.681.121	129.024	261.938	1.548.207
7	0	1.672.716	128.379	261.938	1.539.157
8	0	1.664.352	127.737	261.938	1.530.151
9	0	1.656.030	127.098	261.938	1.521.191
10	5.002.689	1.647.750	126.463	261.938	-3.490.414
11	0	1.639.511	125.830	261.938	1.503.404
12	0	1.631.314	125.201	261.938	1.494.577
13	0	1.623.157	124.575	261.938	1.485.795
14	0	1.615.041	123.952	261.938	1.477.056
15	5.002.689	1.606.966	123.332	261.938	-3.534.328
16	0	1.598.931	122.716	261.938	1.459.710
17	0	1.590.937	122.102	261.938	1.451.101
18	0	1.582.982	121.492	261.938	1.442.536
19	0	1.575.067	120.884	261.938	1.434.014
20	4.808.910	1.567.192	120.280	261.938	6.234.444
				VAN SOCIAL	$10.073.001
				TIR SOCIAL	0,08%
				Ahorro Anual en la Cuenta de Energía (Valor Privado)	46,65%
					$ 2.114.749

B. ESCENARIO 2A: 22 kWp FV on-grid (Netbilling) – Etapa 1

Propone un sistema fotovoltaico con el potencial de garantizar casi la totalidad de la autonomía energética y, así, fortalecer la resiliencia del sistema ante cortes del suministro durante los meses de invierno, junto con una reducción más considerable de los costos asociados al consumo de energía.

La configuración del sistema sería la siguiente:

- Producción energética de 22 kWp (fuente: Explorador Solar del Ministerio de Energía), considera un número aproximado de 36 paneles (más 4 de repuesto), con una superficie aproximada de 220 metros cuadrados, teniendo en cuenta la separación entre paneles.
- Inversor trifásico de 20 kW.
- Sistema de baterías de litio de 71,5 kWh.

Esta configuración requiere una inversión inicial mayor, que, dependiendo de la elección de los equipos, podría ser del orden de $60,000,000 (con IVA).

VENTAJAS:

- Apropiado para las condiciones ambientales de Chiloé, ya que complementa la baja radiación solar del invierno y ofrece condiciones de viento adecuadas para la generación eólica.
- El sistema aumenta el potencial energético y otorga una autonomía casi total (durante los meses de mayor rendimiento). Lo que significaría una rebaja considerable de los costos operativos derivados del consumo de energía.
- Postulable al Fondo de Acceso a la Energía

DESVENTAJAS:

- Mayor inversión inicial y TIR más lenta.
- Requiere mayor terreno para la instalación de los paneles, y que ese terreno ofrezca las condiciones idóneas para obtener el máximo rendimiento.

EVALUACIÓN DEL SISTEMA – Escenario 2A:

Tabla Resumen de Variables para Cálculo:

Tamaño del sistema	**22**	**kW**
Considera baterías	Si	
Tamaño batería	72	kWh

Inversión (Con IVA) $	60,000,000	
Tipo de tarifa eléctrica	AT43	
Precio o Tarifa (Con IVA)	221	$/kWh
Fecha Tarifa eléctrica	09-06-2026	
Factor de Emisión Sistema Eléctrico	0,20206	$kgCO_2$ eq/kWh
Porcentaje Reinversión del proyecto	20%	% de inversión total
Costo de Reinversión (Con IVA) $	12,000,000	
Año / Período de re inversión	5	años
Costo del terreno	0	

Tabla Beneficios Sociales:

Horizonte de Evaluación	VALORACIÓN ENERGÍA - GENERADA SFV *(Incluye degradación de los paneles)*	Cuantifiación del CO_2		VALORACIÓN DISMINUCIÓN DEL CO_2 eq/kWh
		kg CO_2/año	ton CO_2/año	
Año 1	3.792.187	4.126	4,13	291.045
Año 2	3.773.226	4.105	4,11	289.590
Año 3	3.754.360	4.085	4,08	288.142
Año 4	3.735.588	4.064	4,06	286.701
Año 5	3.716.910	4.044	4,04	285.268
Año 6	3.698.326	4.024	4,02	283.841
Año 7	3.679.834	4.004	4,00	282.422
Año 8	3.661.435	3.984	3,98	281.010
Año 9	3.643.128	3.964	3,96	279.605
Año 10	3.624.912	3.944	3,94	278.207
Año 11	3.606.788	3.924	3,92	276.816
Año 12	3.588.754	3.905	3,90	275.432
Año 13	3.570.810	3.885	3,89	274.055
Año 14	3.552.956	3.866	3,87	272.684
Año 15	3.535.191	3.846	3,85	271.321
Año 16	3.517.515	3.827	3,83	269.964
Año 17	3.499.928	3.808	3,81	268.615
Año 18	3.482.428	3.789	3,79	267.271

Año 19	3.465.016	3.770	3,77	265.935
Año 20	3.447.691	3.751	3,75	264.605

Tabla Evaluación Económica Escenario 2A:

Año	Inversión (sin IVA) $	Beneficios Sociales ($/año)		Costos Sociales ($/año)	Flujo Neto Social ($/año)
		Valoración energía generada por sistema fotovoltaico	Valoración Disminución del CO2 equivalente	Operación y mantenimiento	
0	50.026.891				-50.026.891
1	0	3.792.187	291.045	0	4.083.232
2	0	3.773.226	289.590	459.863	3.602.954
3	0	3.754.360	288.142	459.863	3.582.640
4	0	3.735.588	286.701	459.863	3.562.427
5	10.005.378	3.716.910	285.268	459.863	3.542.316
6	0	3.698.326	283.841	459.863	3.522.305
7	0	3.679.834	282.422	459.863	3.502.394
8	0	3.661.435	281.010	459.863	3.482.583
9	0	3.643.128	279.605	459.863	3.462.870
10	10.005.378	3.624.912	278.207	459.863	-6.562.121
11	0	3.606.788	276.816	459.863	3.423.741
12	0	3.588.754	275.432	459.863	3.404.323
13	0	3.570.810	274.055	459.863	3.385.002
14	0	3.552.956	272.684	459.863	3.365.778
15	10.005.378	3.535.191	271.321	459.863	-6.658.728
16	0	3.517.515	269.964	459.863	3.327.617
17	0	3.499.928	268.615	459.863	3.308.680
18	0	3.482.428	267.271	459.863	3.289.837
19	0	3.465.016	265.935	459.863	3.271.089
20	11.311.061	3.447.691	264.605	459.863	14.563.495
				VAN SOCIAL	$14.594.393
				TIR SOCIAL	1,76%
				Ahorro Anual en la Cuenta de Energía (Valor Privado)	102,63%
					$ 4.652.271

C. ESCENARIO 2B: 22 kWp FV + 6 kW eólico. On grid (Netbilling) - Etapa 2

Esta modalidad propone un sistema casi autónomo (aproximadamente un 150% del consumo promedio anual), compuesto por un sistema de generación de energía mixto (solar y eólico), un banco de baterías de litio y el respaldo de un generador de emergencia. Con ello, se lograría hacer frente a los episodios de interrupción del suministro eléctrico, y reducir sustancialmente los costos energéticos.

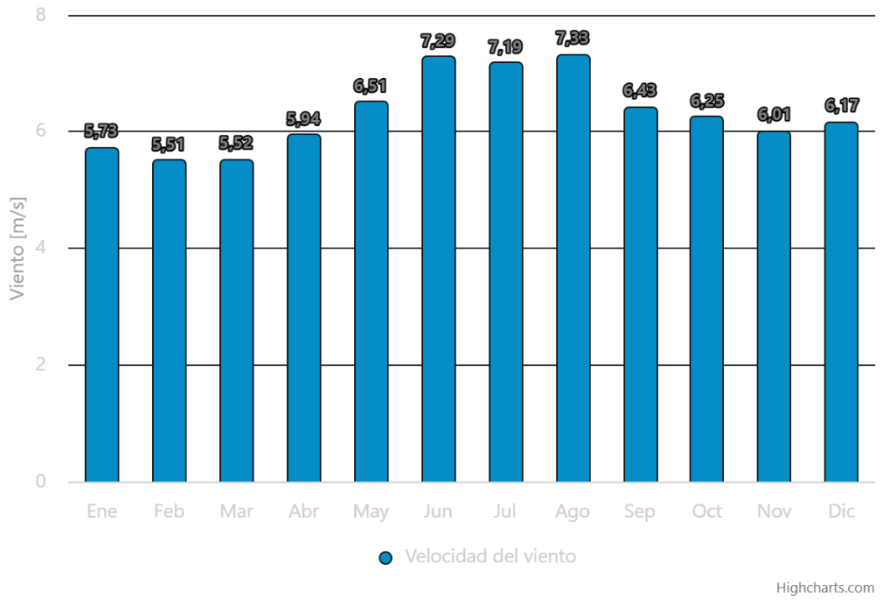


Figura 112: Gráfico de la velocidad promedio mensual del viento en la localidad de Manao, con una media de 6,3 metros por segundo. Datos tomados del Explorador Eólico del Ministerio de Energía (Lat. -41,89° Long. -73,53°, a 19 msnm).

La configuración de esta modalidad sería la siguiente:

- Producción energética de 22 kWp (Fuente: Explorador Solar del Ministerio de Energía). Para lo cual se considera un número aproximado de 36 paneles (más 4 de repuesto), con una superficie aproximada de 220 metros cuadrados, teniendo en cuenta la separación entre paneles.
- 2 aerogeneradores de 3 kW cada uno (6 kW en total) con la capacidad de generar 11,560 kWh al año (según cálculos del Explorador Eólico), lo que representa un 50% la demanda energética actual del SSR de Manao.
- Inversor redundante (múltiples fuentes de alimentación).
- Sistema de baterías de litio de 71,5 kWh.

VENTAJAS:

- El sistema otorgaría la máxima autonomía energética para la operación del SSR, lo que se traduciría en altos niveles de seguridad hídrica (cantidad, calidad y continuidad) para los usuarios del SSR de Manao.
- Sería un proyecto emblemático en el ámbito de los SSR a nivel nacional.

DESVENTAJAS:

- Requeriría una inversión inicial considerable (valor referencial: $70,000,000). Lo que complica la viabilidad financiera de la operación.
- Contar con equipos de alta tecnología implica aumentos sustanciales en los costos de operación y mantenimiento.
- Requiere mayor terreno para la instalación de los paneles y de la torre eólica, y que ese terreno ofrezca las condiciones idóneas para obtener el máximo rendimiento.
- Es un sistema sobredimensionado para el consumo actual. Lo que lo haría más viable en condiciones en las que el SSR aumente su número de arranques, o bien para SSR de mayor tamaño (más de 1000 arranques).

Supuestos de la curva de potencia		
Velocidad de arranque (cut-in)	2,5 m/s	*Velocidad mínima para generación*
Velocidad nominal (rated)	11,0 m/s	*Velocidad a la que se alcanza potencia nominal*
Velocidad de corte (cut-out)	25,0 m/s	*Velocidad máxima de operación segura*
Potencia nominal por turbina	3,0 kW	*Según especificación del equipo*
N° de aerogeneradores	2 unidades	*Instalación proyecto E2B*
Potencia total instalada	6,0 kW	*2 × 3 kW*
Período de datos	1980–2017 (38 años)	*Serie ERA5 horaria – punto Manao*
Perfil de potencia	Cúbico (cut-in a rated)	$P = P_rated \times ((v - v_ci)/(v_r - v_ci))^3$

Mes	V. viento prom. (m/s)	Potencia prom. (kW)	Energía prom. (kWh/mes)	Factor de capacidad (%)	Días equiv. a plena carga
Enero	5,73	0,98	728,0	16,3%	5,1
Febrero	5,51	0,86	580,0	14,3%	4,0
Marzo	5,52	0,86	638,0	14,3%	4,4
Abril	5,94	1,08	777,0	18,0%	5,4
Mayo	6,51	1,43	1067,0	23,9%	7,4
Junio	7,29	1,86	1343,0	31,1%	9,3
Julio	7,19	1,82	1356,0	30,4%	9,4
Agosto	7,33	1,93	1433,0	32,1%	10,0
Septiembre	6,43	1,35	969,0	22,4%	6,7
Octubre	6,25	1,25	933,0	20,9%	6,5
Noviembre	6,01	1,12	810,0	18,7%	5,6
Diciembre	6,17	1,25	926,0	20,8%	6,4
TOTAL ANUAL	**6,32**	**1,32**	**11.560**	**21,9%**	**80,3**



Figura 113: Aerogenerador de 5kW para sistema off-grid (marca: Ryse Energy. Distribuído por Magnotek Chile)

Tabla 1: comparativa de escenarios según inversión, cobertura y complejidad.

Escenario	Inversión	Cobertura	Complejidad	Recomendación
ESCENARIO 1: 10 kWp FV on-grid (Netbilling)	BAJA	MEDIA	BAJA	Buena alternativa si el presupuesto es acotado
ESCENARIO 2A: 22 kWp FV on-grid (Netbilling) – Etapa 1	MEDIA	ALTA	MEDIA	**Opción más realista**
ESCENARIO 2B: 22 kWp FV + 6 kW eólico. On grid (Netbilling) - Etapa 2	ALTA	MUY ALTA	ALTA	Piloto demostrativo, pero con una viabilidad económica muy baja.

El escenario N° 2 podría incluso considerarse en dos etapas para evitar una inversión inicial tan significativa. En la **primera etapa**, se podrían resolver el sistema de generación fotovoltaica y el banco de baterías. Esta primera etapa coincidiría con el FAE (Fondo de Acceso Energético del Ministerio de Energía).[xiii]

En una **segunda etapa**, se podría complementar con los aerogeneradores (podrían ser 2 equipos de 3kW).

7.3.3.7 CONCLUSIONES:

El resultado de la evaluación económica y social de ambos escenarios (1 y 2A) arrojan una TIR Social positiva **(escenario 1: 0,08% y escenario 2A: 1,78%)**. Sin embargo, no alcanzan a cumplir con el requerimiento del MDSF de un 5,5% para el cálculo de la rentabilidad social de proyectos.

Por otro lado, el Ahorro Anual en las cuentas de energía (valor privado), corresponde a **$2,114,749 (46,65%) en el escenario 1**. En tanto, el **escenario 2A arroja un resultado de $4,652,271 (102,63%)**. Esto permitiría mejorar la gestión económica del SSR, lo que se traduciría en una mejora del servicio a los usuarios.

Dicho eso, se plantean una serie de puntos que debiesen tenerse en consideración a la hora de evaluar este proyecto:

1. El presente proyecto no tiene como objetivo principal la optimización económica del gasto energético, sino **garantizar la continuidad del servicio de agua potable a una comunidad rural** que carece de alternativas de abastecimiento. En ausencia del proyecto, cualquier corte de energía eléctrica equivale a una interrupción total del servicio de agua potable, lo que constituye una vulneración del derecho humano al agua consagrado en el artículo 5° bis del Código de Aguas.
2. La evaluación económica captura los beneficios del proyecto a través del ahorro en la cuenta de energía. Sin embargo, **la situación sin proyecto genera costos sociales adicionales que refuerzan la justificación de la inversión.** El SSR de Manao tiene un promedio mensual de 1,5 días de interrupciones del suministro de agua potable. Esto implica costos monetarios por uso del generador diesel (que declaran usarlo en promedio 5 días al año) y el costo social (asumido por la Municipalidad de Ancud) de proveer agua por medio de camiones aljibe (5 veces al año). A esto, se suma el deterioro de la calidad del agua producto de las interrupciones del suministro, lo que aumenta las posibilidades de transmisión de enfermedades.
3. La evaluación económica y social de esta inversión no incluye el hecho de que **esta solución puede ser un modelo replicable para los 92 SSR de la Isla Grande de Chiloé** y potencialmente para los SSR insulares y costeros del país. Si el costo del piloto se amortiza entre los sistemas que eventualmente replicarán la solución, el costo unitario por SSR beneficiado se reduciría sustancialmente.

7.3.3.8 BENEFICIARIOS:

1. *Directos:*

   Corresponden a los usuarios abastecidos por el SSR Manao, equivalen a 214 arranques domiciliarios, lo que representa una población estimada de entre 600 y 750 habitantes permanentes, considerando el tamaño promedio de un hogar rural. Asimismo, se incorporan la población estacional, que incrementa la demanda durante la temporada estival, y los equipamientos comunitarios que dependen del sistema.

2. *Indirectos:*

   Si este proyecto resultase exitoso, indirectamente se verían beneficiados los usuarios de otros SSR, en los cuales podría replicarse una solución de estas características para hacer frente a las brechas que comparten en materia de resiliencia y de capacidades de adaptación al cambio climático.

7.3.3.9 LUGAR DE EMPLAZAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTÁICO

El terreno dispuesto para la ejecución del Sistema de Respaldo Fotovoltaico está ubicado dentro del área de operación del SSR de Manao, próximo al estero Hueihué, donde se ubica el punto de captación superficial, y a 600 metros del estanque de acumulación. Cuenta con una superficie aproximada de 3,000 mt^2 y las condiciones del terreno son favorables para el objetivo planteado (no presenta edificaciones o arborización que represente una reducción de la incidencia solar y es mayoritariamente plano).

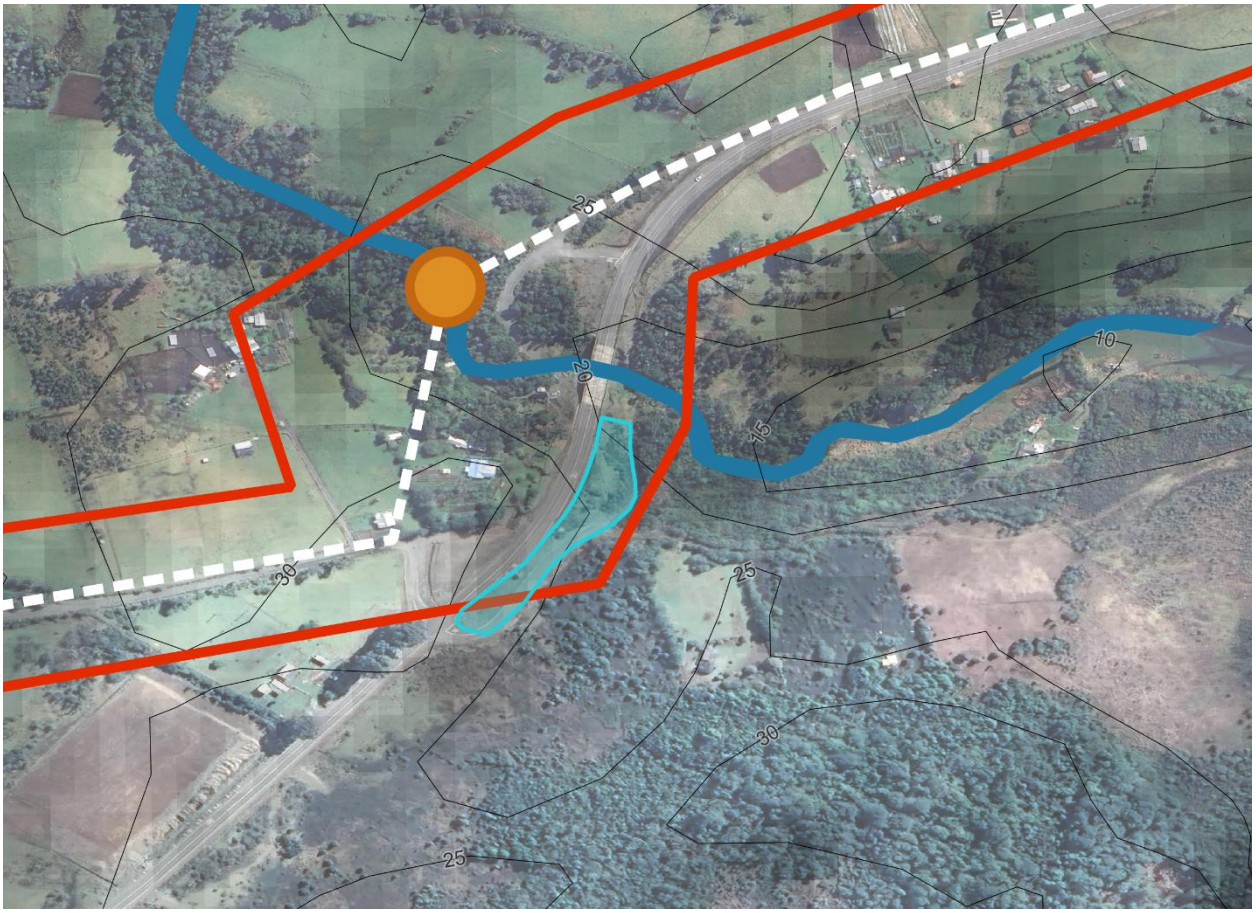


Figura 114: *Mapa de ubicación del terreno en el que se instalaría el sistema de generación fotovoltaica.*



Figura 115: Foto Aérea de ubicación del terreno en el que se instalaría el sistema de generación fotovoltaica.

7.3.3.10 CRONOGRAMA

A continuación, se detalla una propuesta de cronograma que podría aplicarse al desarrollo y la aprobación del perfil de proyecto piloto, junto con sus etapas posteriores correspondientes a la ingeniería de detalles, la construcción y la puesta en marcha.

Actividad / Fase	Fase	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Ingeniería de detalle y pre-diseño	Preinversión																		
Tramitación conexión SAESA (Form. 3-4)	Preinversión																		
Postulación SNI / aprobación BIP	Preinversión																		
Regularización autorización terreno	Preinversión																		
Bases admin. y EETT licitación	Licitación																		
Llamado a licitación pública	Licitación																		
Evaluación propuestas y adjudicación	Licitación																		
Contrato y orden de compra	Ejecución																		
Fabricación y envío equipos	Ejecución																		

Obras civiles (fundaciones, estructura)	Ejecución																		
Instalación paneles e inversor	Ejecución																		
Instalación baterías y BMS	Ejecución																		
Conexión red SAESA (TE4)	Ejecución																		
Pruebas y puesta en marcha	Cierre																		
Capacitación operador y directiva	Cierre																		
Monitoreo y seguimiento	Cierre																		
ITO (Inspección Técnica Obra)	Transversal																		

7.3.3.11 FICHAS TÉCNICAS

1. Panel Fotovoltáico 650 watts; LONGi LR5-72HTH 650Wp

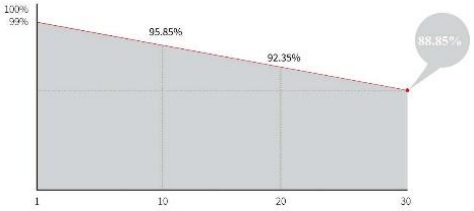


Hi-MO X10 LR7-72HVD

24.4 %	0~3%	1 %	0.35 %	BC-CELL
MÓDULO MÁXIMO EFICIENCIA	POTENCIA TOLERANCIA	DEGRADACIÓN DE POTENCIA DEL PRIMER AÑO	DEGRADACIÓN DE POTENCIA AÑOS 2-30	MENOR TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO

Valor adicional

30 años Garantía de energía

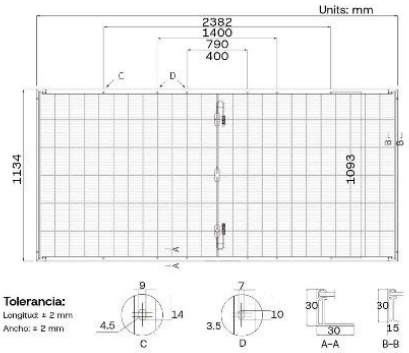






Parámetros mecánicos

Orientación de la célula	144 (6×24)
Caja de conexiones	IP68
Cable de salida	4mm2, +400, −200mm/±1400mm length can be customized
Vidrio	Doble vidrio. Vidrio semitemplado 2+2mm
Marco	Marco de aleación de aluminio anodizado
Peso	32.5 kg
Dimensión	2382×1134×30mm
Embalaje	36 uds. por palet / 144 uds. por 20' GP / 720 uds. por 40' HC



Características eléctricas

STC : AM1.5 1000W/m2 25℃ NOCT : AM1.5 800W/m2 20℃ 1m/s Incertidumbre de ensayo para Pmax ± 3%

Tipo de módulo	LR7-72HVD-650M		LR7-72HVD-655M		LR7-72HVD-660M	
Condición de prueba	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Potencia máxima (Pmax/W)	650.0	494.8	655.0	498.6	660.0	502.4
Voltaje de circuito abierto (Voc/V)	54.22	51.53	54.32	51.62	54.42	51.72
Corriente de cortocircuito (Isc/A)	15.14	12.16	15.22	12.22	15.3	12.29
Tensión a máxima potencia (Vmp/V)	44.87	42.64	44.97	42.74	45.07	42.83
Corriente a máxima potencia (Imp/A)	14.49	11.61	14.57	11.68	14.65	11.75
Eficiencia del módulo (%)	24.4		24.2		24.4	

Electrical characteristics with different rear side power gain

Pmax /W	Voc/V	Isc /A	Vmp/V	Imp /A	Pmax gain
677.0	54.12	15.81	44.77	15.13	0.05
710.0	54.12	16.57	44.77	15.85	0.1
744.0	54.22	17.32	44.87	16.57	0.15
776.0	54.22	18.07	44.87	17.29	0.2
808.0	54.22	18.83	44.87	18.01	0.25

Parámetros de operación

Temperatura operativa	−40℃ ~ +85℃
Tolerancia de potencia de salida	0 ~ 3%
Tensión máxima del sistema	DC1500V (IEC)
Clasificación máxima de fusibles en serie	25A
Temperatura nominal de funcionamiento de la celda	45±2℃
Clase de protección	Class II
Clasificación de resistencia al fuego	IEC Class C

Carga mecánica

Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Carga estática máxima en la parte trasera	2400Pa
Prueba de granizo	Granizo de 25 mm a una velocidad de 23 m/s

Clasificaciones de temperatura (ETC)

Coeficiente de temperatura de Isc	+0.050%/℃
Coeficiente de temperatura de Voc	−0.200%/℃
Coeficiente de temperatura de Pmax	−0.260%/℃

LONGi SOLAR

Las especificaciones incluidas en esta hoja de datos están sujetas a cambios sin previo aviso. LONGi se reserva el derecho de interpretación final.

7.3.4 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

7.3.4.1 CONCLUSIONES GENERALES

Los principales desafíos identificados para la gestión del recurso hídrico por parte de los SSR son:

7.3.4.2 VALIDACIÓN TÉCNICA DE LA PERCEPCIÓN COMUNITARIA

La principal conclusión del estudio es la coincidencia entre los resultados técnicos sobre los efectos del cambio climático en la isla —disminución de precipitaciones, temporadas secas más prolongadas y aumento de temperaturas— y las observaciones directas de las comunidades de SSR.

Esta convergencia refuerza la robustez de ambos tipos de conocimiento, valida la percepción de las comunidades respecto a los nuevos desafíos en la continuidad del suministro de agua potable, legitima la urgencia de implementar medidas de adaptación y confirma la pertinencia del enfoque participativo como herramienta de co-construcción de conocimiento.

7.3.4.3 DESAFÍOS MULTIDIMENSIONALES DE LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

Los SSR de Chiloé enfrentan un conjunto de desafíos interrelacionados que requieren una respuesta integral:

- Demanda estacional crítica:
  La necesidad de abastecer una elevada demanda en el periodo estival coincide con la disminución de disponibilidad hídrica, particularmente en fuentes superficiales afectadas por el cambio climático.
- Condiciones climáticas adversas:
  Disminución progresiva de precipitaciones, mayor estacionalidad hídrica, veranos secos y aumento en la frecuencia de eventos extremos.
- Déficit y deterioro de infraestructura:
  Sistemas obsoletos o en mal estado, baja capacidad de almacenamiento y necesidad de inversiones mayores para su modernización.
- Transición de fuentes de abastecimiento:
  Paso desde fuentes superficiales renovables hacia fuentes subterráneas que, en algunos casos, operan como recursos no renovables debido al desbalance entre recarga y extracción.
- Limitaciones operacionales:
  Capacidades técnicas insuficientes en algunos operadores, mantenimiento reactivo, debilidad en registros, cobros y control de pérdidas en las redes.

- Barreras institucionales:
  Fragmentación entre SSR, debilidad organizacional, falta de personal técnico de apoyo, barreras legales (como la necesidad de sanear títulos de propiedad) y limitaciones de conocimiento para acceder a financiamiento.
- Deterioro ecosistémico:
  Degradación de bosques, humedales y turberas, cambio de uso de suelo y falta de protección de áreas de recarga, lo que reduce la capacidad natural de provisión de agua.
- Déficit de cultura hídrica:
  Necesidad de fortalecer la conciencia comunitaria sobre el uso responsable del agua y la comprensión de los impactos del cambio climático en el mediano plazo, especialmente en las nuevas generaciones.

7.3.4.4 HETEROGENEIDAD DE CAPACIDADES ADAPTATIVAS

Los SSR presentan distintos niveles de capacidad de respuesta frente a estos desafíos.
Algunos cuentan con organizaciones renovadas, liderazgo activo, herramientas digitales, redes territoriales y capacidad de formulación de proyectos. Otros enfrentan directivas desgastadas sin relevo generacional, conflictos internos, aislamiento institucional, limitaciones técnicas y baja participación comunitaria.
Esta heterogeneidad implica que las intervenciones deben ser diferenciadas, contextualizadas y adaptadas a las condiciones específicas de cada sistema.

7.3.4.5 NECESIDAD DE INTEGRACIÓN DE ENFOQUES

Ninguna medida, por sí sola, es suficiente para enfrentar la complejidad del problema.
Se requiere una estrategia integrada que articule:

- inversión en infraestructura para mejorar captación, almacenamiento y distribución,
- fortalecimiento de capacidades, gestión y gobernanza,
- y recuperación y protección de ecosistemas mediante Soluciones Basadas en la Naturaleza.

Esta integración es clave para asegurar tanto la disponibilidad como la calidad del recurso hídrico.

7.3.4.6 EFECTIVIDAD DEL APRENDIZAJE ENTRE PARES

Los equipos y directivas de los SSR valoran altamente los espacios de encuentro e intercambio.

El piloto de capacitación confirmó que el aprendizaje entre pares, en formato "de tú a tú", resulta más efectivo que las capacitaciones tradicionales, al generar confianza, facilitar la transferencia de conocimiento práctico y fortalecer las capacidades locales.

En este contexto, la figura del "Operador Capacitador" emerge como una herramienta con alto potencial de consolidación e institucionalización.

7.3.4.7 TRANSICIÓN HACIA SISTEMAS SANITARIOS RURALES INTEGRALES

Se identifica la necesidad de avanzar hacia una consolidación de SSR más robustos, capaces de asumir un rol ampliado en la gestión del agua.

Esto implica evolucionar desde sistemas centrados exclusivamente en el suministro hacia modelos que incorporen:

- tratamiento de aguas servidas, aún casi inexistente en el ámbito rural de Chiloé,
- gestión de aguas grises,
- protección activa de fuentes,
- y monitoreo del recurso hídrico.

Actualmente, la resolución informal de aguas grises y el uso de fuentes individuales (norias, pozos) en periodos de escasez debilitan la gestión integral del recurso, por lo que esta transición es fundamental para mejorar la sostenibilidad del sistema.

7.3.4.8 ROL ESTRATÉGICO Y COSTO-EFECTIVIDAD DE LAS SBN

Las Soluciones Basadas en la Naturaleza permiten recuperar y restaurar paisajes degradados, fortaleciendo su capacidad de provisión de agua y contribuyendo a la seguridad hídrica.

Presentan ventajas relevantes:

- menores costos de inversión respecto a infraestructura convencional,
- múltiples beneficios ambientales y sociales,
- compatibilidad con la gestión comunitaria,
- y mayor sostenibilidad en el tiempo.

Sin embargo, su implementación requiere un cambio de paradigma hacia enfoques socio-ecológicos, capacitación técnica específica, monitoreo de resultados y marcos normativos y financieros que las reconozcan como inversión pública.

7.3.4.9 URGENCIA DEL FORTALECIMIENTO DE LA GOBERNANZA

La fragmentación actual de los SSR limita su capacidad de coordinación, aprendizaje y acción conjunta.

El fortalecimiento de instancias como Uniones Comunales, Mesas Hídricas y estructuras de apoyo municipal resulta prioritario para:

- mejorar la gestión,
- generar economías de escala,
- fortalecer la incidencia en políticas públicas,
- y mejorar la respuesta ante emergencias.

Cabe destacar que existe una alta disposición de las comunidades a avanzar en estas instancias, lo que constituye una base favorable.

7.3.4.10 NECESIDAD DE PROFUNDIZAR EL ENFOQUE DE GÉNERO

Si bien el estudio incorpora una perspectiva de género, se identifican espacios de mejora en:

- la participación de mujeres en roles técnicos y directivos,
- el reconocimiento de su rol en la gestión doméstica y comunitaria del agua,
- y el desarrollo de capacitaciones e indicadores que aborden estas brechas.

El fortalecimiento de este enfoque contribuirá a una gestión más inclusiva y efectiva.

7.3.4.11 POTENCIAL DE REPLICABILIDAD Y ESCALABILIDAD

La metodología desarrollada es transferible a otros territorios insulares, rurales o costeros con problemáticas similares.

Los productos generados —como indicadores, manuales de buenas prácticas y perfiles de proyectos— constituyen herramientas concretas para facilitar el escalamiento y apoyar el diseño de políticas públicas orientadas a la adaptación al cambio climático en SSR.

7.3.5 RECOMENDACIONES ESTRATÉGICAS

Para el Ministerio de Obras Públicas (nivel nacional y Subdirección de SSR)

El MOP, a través de la Subdirección de SSR, podría institucionalizar el programa de 'Operadores Capacitadores', formalizando la figura de operadores experimentados que capacitan a sus pares con reconocimiento y respaldo institucional. Sería conveniente crear una línea de financiamiento específica para SbN en SSR, ya que actualmente no existe una categoría clara para estas inversiones.

Los estándares de infraestructura podrían actualizarse incorporando criterios de diseño para escenarios climáticos futuros, incluyendo una mayor capacidad de almacenamiento y la diversificación de fuentes. El equipo técnico de SSR podría requerir fortalecimiento para

proveer acompañamiento permanente, aumentando la dotación de profesionales especializados con presencia territorial. La regularización de títulos de propiedad podría priorizarse mediante la asignación de recursos específicos para este programa, que destraba inversiones.

A nivel nacional, sería pertinente avanzar hacia una actualización del marco legal de SSR, que tome en consideración el cambio climático, y revisar la Ley 20.998 y su reglamento para incorporar explícitamente los desafíos de adaptación, SbN y la economía circular del agua. El desarrollo de un sistema nacional de información de SSR mediante una plataforma digital integrada permitiría el monitoreo en tiempo real, las alertas tempranas y la toma de decisiones basada en evidencia.

También sería importante evaluar el establecimiento de mecanismos de pago por servicios ecosistémicos, con marco legal y financiero, que compense a los propietarios de tierras que protegen fuentes de SSR. Los compromisos NDC y planes sectoriales podrían reconocer explícitamente el rol estratégico del agua potable rural en la política nacional de cambio climático.

Para gobiernos regionales y municipios

Los gobiernos regionales y municipios podrían integrar los SSR en los instrumentos de planificación territorial, asegurando que los Planes Reguladores Comunales y las Estrategias de Desarrollo Regional consideren explícitamente las necesidades de SSR y la protección de las fuentes. Sería recomendable activar o crear Mesas Hídricas Municipales con la participación de SSR, generando instancias de coordinación permanentes entre los actores del agua a nivel comunal. Los recursos del FNDR podrían destinarse a infraestructura hídrica rural resiliente, priorizando proyectos que incorporen criterios de adaptación climática y SbN.

Para las directivas de SSR

Las directivas de SSR podrían priorizar la implementación de planes de acción ante la escasez hídrica, como los Planes Comunitarios de Emergencia Hídrica (PCEH) sugeridos como parte del Manual de Buenas Prácticas desarrollado en este estudio, así como el fortalecimiento de Uniones Comunales y la articulación territorial como mecanismo de fortalecimiento colectivo. Sería relevante avanzar en la regularización de la situación legal y administrativa, aprovechando los programas de apoyo disponibles para sanear títulos, actualizar estatutos y formalizar derechos de agua. La implementación de una gestión adaptativa con monitoreo

continuo mediante sistemas simples de seguimiento de fuentes, consumos y calidad podría facilitar la toma de decisiones informadas. La integración de jóvenes y mujeres en roles de liderazgo podría planificarse activamente para asegurar el relevo generacional y una gobernanza inclusiva.

7.3.6 REPLICABILIDAD Y PRÓXIMOS PASOS

Potencial de replicabilidad

La metodología y las herramientas desarrolladas son directamente aplicables a territorios insulares similares en Chile, así como también a zonas de secano costero de la zona centro-sur con similares características. Las adaptaciones requeridas incluyen el ajuste de modelos climáticos a cada territorio, la caracterización de ecosistemas locales, la consideración de aspectos culturales específicos y la validación de indicadores de vulnerabilidad.

Los productos transferibles incluyen la metodología de evaluación de riesgo climático con un marco de indicadores compuestos adaptable, el Manual de Buenas Prácticas como herramienta práctica para la gestión comunitaria, las fichas técnicas de SbN implementables en la isla y el perfil de proyecto como caso replicable.

Próximos pasos recomendados

Para el período 2025-2026, se recomienda la implementación de proyectos piloto en Manao, monitoreando resultados e impactos, documentando lecciones aprendidas y ajustando propuestas según la evidencia generada. El escalamiento gradual entre 2026 y 2028 debiera replicar soluciones validadas a otros 5 SSR, consolidar el programa de capacitación permanente, implementar mejoras estructurales prioritarias y fortalecer la gobernanza territorial mediante Uniones y Mesas. La institucionalización para el período 2028-2030 debiera incorporar aprendizajes en normativa y estándares técnicos, establecer un programa permanente con presupuesto asegurado, transferir la metodología a otras regiones y evaluar los impactos de largo plazo. Se recomienda que el monitoreo y evaluación continua incluyan sistemas de indicadores de seguimiento, evaluaciones medias y de término, sistematización y difusión de resultados, y ajustes apropiados según evidencia.

Investigación y desarrollo futuro

Se identificaron áreas que requieren profundización mediante investigación adicional, incluyendo la efectividad a largo plazo de SbN en contexto insular, medición de impactos diferenciados por género de medidas implementadas, modelos de sostenibilidad financiera para SSR rurales, integración de tecnologías digitales para gestión como Internet of Things (IoT) y sensores remotos y valoración económica de servicios ecosistémicos hídricos.

GLOSARIO

Agua Cruda: Agua no sometida a ningún tipo de tratamiento, y susceptible de ser potabilizada.

Agua Facturada: Volumen de agua que un prestador de servicios sanitarios factura a sus usuarios. Comprende el volumen de agua calculado mediante diferencia de lecturas del medidor entre períodos de facturación y el volumen de agua determinado mediante asignaciones de consumo, para el caso de que el medidor no se encuentre operativo o accesible (como, por ejemplo, término medio en el caso que corresponda).

Agua no Facturada: Volumen de agua producida pero no facturada, es decir, no cobrada a los clientes. Se expresa como porcentaje del volumen de agua producida. Comprende las pérdidas de agua por fugas en la red, submedición, asignación de consumos deficiente, consumos clandestinos y gasto en procesos (por ejemplo, lavado de filtros de plantas de tratamiento de agua potable).

Agua Potable: Es el agua que, al cumplir los requisitos bacteriológicos, de desinfección, físicos, químicos y radiactivos de la norma, es apta para el consumo humano. Las condiciones mínimas de calidad del agua potable son las establecidas en la norma chilena NCh 409 "Agua Potable - parte 1: requisitos, y Parte 2: Muestreo". Ningún prestador podrá, por tanto, entregar o suministrar agua a sus usuarios en condiciones distintas a las señaladas en dichas normativas, salvo autorización de la autoridad de salud.

Agua Producida: Volumen de agua potable, expresado en metros cúbicos, que ha sido tratado para su distribución entre los usuarios de una empresa prestadora.

Aguas Residuales: Efluentes que resultan del uso del agua en las viviendas, el comercio o la industria como resultado de actividades urbanas, industriales o agrícolas. Contienen materia orgánica e inorgánica, organismos vivos, elementos tóxicos, entre otros, que las hacen inadecuadas para su uso, y es necesaria su evacuación, recolección y transporte para su tratamiento y disposición final. En el caso particular de los residuos líquidos provenientes de las viviendas, reciben la denominación de Aguas Servidas. En el caso particular de las industrias, reciben la denominación de Residuos Líquidos Industriales - Riles.

Aguas Servidas: Aguas residuales provenientes de las viviendas.

Tratadas: Aguas servidas procesadas en sistemas de tratamiento para satisfacer los requisitos de calidad, señalados en la normativa vigente, de acuerdo con la clase de cuerpo receptor al que serán descargadas esas aguas, o a sus posibilidades de uso posterior.

Ampliación de Concesiones:	Proceso administrativo según el cual un prestador o concesionario existente solicita a la Superintendencia de Servicios Sanitarios ampliar o extender su territorio operacional autorizado, hacia sectores periféricos o adyacentes del mismo, para la atención de nuevos usuarios, de acuerdo con el procedimiento establecido en el DFL MOP N°382/88 y su Reglamento.
Ampliación del Servicio:	Cambio del diámetro de la tubería de la Conexión Domiciliaria existente, ya sea de agua potable o de alcantarillado.
Aporte de Financiamiento Reembolsable para Extensión:	Aquel que podrán exigir los prestadores de servicio de agua potable y de recolección de aguas servidas, y que tiene como finalidad solventar la extensión de las redes desde las instalaciones existentes, hasta el punto de conexión del interesado. Estas redes no deberán ser identificables exclusivamente con el proyecto del peticionario y deberán tener posibilidad de servir a otros.
Aporte de Financiamiento Reembolsable por Capacidad:	Aquel que tiene como finalidad solventar la expansión de la infraestructura existente para prestar el servicio. El aporte del financiamiento reembolsable por capacidad podrá ser cobrado siempre que se solicite un nuevo servicio o ampliación de un servicio existente, no estando asociado a obras específicas.
Aporte de Financiamiento Reembolsable AFR:	Los AFR son cantidades determinadas de dinero u obras que los prestadores de servicios públicos sanitarios pueden exigir a quienes soliciten ser incorporados como clientes, o bien, soliciten una ampliación del servicio, y que tienen por objeto solventar infraestructura que legalmente es cargo del prestador. Desde un punto de vista financiero, estos aportes constituyen una alternativa distinta a las tradicionales de financiamiento que tiene la empresa sanitaria para la construcción de las obras que, dentro del área de concesión, requiere para el adecuado y obligatorio mandato de prestar los servicios públicos de agua potable y de alcantarillado en forma eficiente, garantizando la continuidad y calidad de los mismos. El prestador está obligado a devolverlos en la forma y plazos acordados con los aportantes. Este mecanismo se encuentra establecido en los artículos 14° y siguientes del DFL MOP Nº 70/88, cuerpo jurídico de orden público, respecto del cual a la Superintendencia de Servicios

	Sanitarios le corresponde velar por su cumplimiento por parte de los concesionarios, como así también le compete su interpretación.
APR (Agua Potable Rural):	Sistemas de producción y distribución de agua potable rural, tiene por misión abastecer de agua potable a localidades rurales, contribuyendo al desarrollo económico y a la integración social del país.
Área Concedida:	Área servida y de expansión en la que la responsabilidad de la prestación del servicio sanitario ha sido otorgada a un prestador, mediante un decreto de concesión.
Área de Expansión:	Territorio comprendido dentro de los límites del Territorio Operacional en el cual se consideran planes de mejoramiento y expansión de los servicios que presta el concesionario, de acuerdo con su Programa de Desarrollo. Cumplidos y ejecutados estos planes, el área de expansión se agrega al Área Atendida de Agua Potable o de Alcantarillado según corresponda.
Arranque de Agua Potable:	Tramo de tubería y demás componentes comprendidos entre la red de distribución y el medidor domiciliario, incluido éste.
Base de los Estudios Tarifarios:	Documento elaborado por la SiSS en forma previa a un proceso tarifario, que establece las definiciones sobre las cuales se deberán realizar los estudios tarifarios de la SISS y del prestador, para la elaboración de los respectivos estudios tarifarios. Estas bases deben publicarse en el Diario Oficial y de acuerdo al artículo 13 del DFL MOP N°70/88, "Ley de Tarifas", las bases deben definir, al menos, los siguientes aspectos: sistemas a ser estudiados, criterios de optimización aplicables a la operación y a la expansión de los sistemas; criterios para definición del nivel de demanda de planificación; niveles de calidad del agua, del servicio, y de la atención a los usuarios; metodología de valoración del agua cruda, y metodología de cálculo de la tasa de costo de capital.
Certificado de Factibilidad de Servicio:	Es el documento formal que deben emitir las concesionarias de servicios sanitarios, mediante el cual asumen la obligación de prestar servicios a un futuro cliente, expresando en él, los términos y condiciones específicas para tal efecto.
CIIU:	Clasificación Industrial Internacional Uniforme de Todas las Actividades Económicas, Informes Estadísticos, Serie M Nº4, Rev.2 (Publicación de las Naciones Unidas), Nueva York, 1969, o su equivalente.

Cobertura del Servicio Público de Agua Potable: Proporción de la población o de las viviendas de un determinado ámbito geográfico que cuenta con el servicio de agua potable mediante conexiones domiciliarias (agua dentro de la vivienda, proveniente de una red pública). Se puede expresar como un porcentaje con respecto a la población total.

Cobertura del Servicio Público de Alcantarillado: Proporción de la población o de las viviendas de un determinado ámbito geográfico que cuenta con servicio domiciliario de alcantarillado (desagüe conectado a la red pública de alcantarillado). Se puede expresar como un porcentaje con respecto a la población total.

Comisión de Expertos: En caso de no producirse acuerdo entre la SISS y la concesionaria dentro del plazo de los 45 días siguientes al intercambio de estudios tarifarios y las discrepancias no hayan sido solucionadas, la Superintendencia deberá constituir una comisión formada por tres expertos nominados uno por el prestador, otro por el Superintendente y, el tercero, elegido por éste de una lista de expertos, acordada entre la Superintendencia y el prestador antes del inicio de cada proceso de fijación tarifaria. La comisión de expertos deberá pronunciarse sobre cada uno de los parámetros en que exista discrepancia, en mérito de los fundamentos y antecedentes de los respectivos estudios, optando de manera fundada por uno de los dos valores, no pudiendo adoptar valores intermedios.

Concesionario: Es la persona titular de la concesión de un servicio público sanitario. Persona jurídica a la que, en virtud de un acto administrativo (Decreto de Concesión), el Estado le otorga la responsabilidad de la prestación de los servicios públicos sanitarios regulados por el Marco Regulatorio vigente. (Prestador de servicios sanitarios).

Concesión: Acto jurídico de naturaleza administrativa mediante el cual se otorga a un prestador el derecho a la prestación de uno o más Servicios de Saneamiento en una determinada área geográfica, en los términos que establece el Marco Regulatorio vigente. La concesión otorga a su titular el derecho de dominio sobre ella y el derecho a la explotación de sus servicios.

Conexión: Es la unión física del arranque de agua potable y la tubería de la red pública de distribución.

Continuidad del Servicio de Agua Potable: Indicador de calidad del servicio prestado, que mide las interrupciones a que se ve sometido el suministro de agua potable.

Cronograma de Inversión: Programa de inversiones detallado en el tiempo con un horizonte dado, comprometido para ser realizado por el prestador, para garantizar la

	capacidad instalada de operación, a fin de lograr adecuados niveles de prestación de los servicios y contenido en el respectivo Programa de Desarrollo. Este cronograma de inversión es fiscalizado por la Superintendencia de Servicios Sanitarios.
Cuenca:	Depresión o concavidad sujeta al proceso de sedimentación de un río. Se usa como sinónimo de hoya hidrográfica. En general se le da el nombre de cuenca a cualquier depresión de la litosfera, esté cubierta o no por agua. La cuenca de un río es toda el área drenada del río y sus tributarios.
Cuerpo Receptor:	Un río, un lago, un océano, una corriente de agua u otro curso de agua, dentro del cual se descargan aguas residuales o efluentes tratados.
Derecho de Concesión:	Acto jurídico administrativo dictado por el Ministro de Obras Públicas (Decreto Supremo), previo informe favorable de la Entidad Normativa, expedido bajo la fórmula "por orden del Presidente de la República" y que concede a un prestador los servicios públicos destinados a producir y distribuir agua potable y a recolectar y disponer aguas servidas, sobre un territorio operacional determinado con las demás condiciones establecidas en la ley y su Reglamento El decreto de concesión debe contener: 1) Identificación de la concesionaria: nombre, RUT, domicilio. 2) Tipo de concesión, con indicación de la ubicación geográfica del servicio público sanitario, incluyendo, en cada caso, el número de usuarios en el primer establecimiento y al final del período proyectado. 3) Condiciones de prestación de los servicios: Las condiciones de prestación de los servicios se indicarán en la Ficha de Antecedentes Técnicos, aprobada por la Superintendencia y que formará parte integrante del Decreto. 4) Normativa general aplicable a la concesión que se otorga. 5) El programa de desarrollo de la concesionaria respecto del cual se ha pronunciado la Superintendencia. 6) El nivel tarifario de adjudicación de la concesión. 7) Las garantías involucradas.
Derecho de Tarifas:	Acto jurídico administrativo dictado por el Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción (Decreto Supremo), expedido bajo la fórmula "por orden del presidente de la República" y que realiza La fijación de las Fórmulas Tarifarias tanto de una concesionaria existente como de una nueva concesión, respecto de los territorios operacionales autorizados por el decreto de concesión respectivo. También se denomina decreto tarifario.
Derecho de Explotación:	Es el que detenta el titular del derecho de explotación de una concesión sanitaria y que implica la total gestión del servicio y la relación directa con los usuarios y la Superintendencia, sin perjuicio de la responsabilidad conjunta que, conforme a la ley, tiene aquél y el titular de la concesión.

Disposición de Aguas Servidas o Residuales: Evacuación de dichas aguas en cuerpos receptores, en las condiciones técnicas y sanitarias establecidas en las normas respectivas, o en sistemas de tratamiento.

Distribución de Agua Potable: Conducción del agua producida hasta su entrega en el inmueble del usuario.

Dotación de Agua Potable: Cantidad promedio en litros de agua potable por habitante al día necesaria para satisfacer las necesidades cotidianas.

Empalme: Es la unión física entre la unión domiciliaria de alcantarillado y la tubería de la red pública de recolección.

Ente Regulador: Organismo encargado de la regulación de un servicio público. Respecto del Servicio Público Sanitario ver Superintendencia de Servicios Sanitarios.

Estudio de Impacto Ambiental: De acuerdo a la Ley Nº 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, promulgada en marzo de 1994, que contempla el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), un EIA debe contener: la descripción del proyecto o actividad; un plan de cumplimiento de la legislación ambiental aplicable; la línea de base; una descripción de aquellos efectos, características o circunstancias del Artículo 11 de la Ley que dan origen a la necesidad de efectuar un Estudio de Impacto Ambiental; la identificación, predicción y evaluación de los impactos ambientales del proyecto o actividad, incluidas las eventuales situaciones de riesgo; el Plan de Medidas de Mitigación, Reparación y Compensación, y las medidas de prevención de riesgos y control de accidentes, si correspondieren; y el plan de seguimiento de las variables ambientales relevantes que dan origen al Estudio de Impacto Ambiental. Corresponde la ejecución de un EIA para una actividad, según resulta de la aplicación del artículo 11 de la citada Ley N°19.300 (o bien corresponde solamente la ejecución de una Declaración de Impacto Ambiental - DIA).

Etapas del Servicio Sanitario: Son cuatro: Producción de agua potable, distribución de agua potable, recolección de aguas servidas y disposición de aguas servidas. Estas etapas conforman lo que se denomina "el ciclo sanitario".

Factibilidad del Servicio: Procedimiento que establece la posibilidad de dotar con el servicio de agua potable y/o de alcantarillado a uno o varios predios, lo que incluye la constancia de la factibilidad de servicio por parte del prestador en el respectivo Certificado de Factibilidad de Servicio.

Facturación: Procedimiento que establece el monto a pagar por el cliente, considerando el volumen de agua potable consumido y de aguas servidas del cliente, en

	un período que usualmente es de un mes. Con base en ello, el prestador prepara el comprobante de pago por los servicios (emisión de boletas o facturas por la prestación de los servicios de saneamiento).
Fiscalización:	Acción y efecto de fiscalizar. Función que desempeña la SISS, como organismo regulador, sobre la prestación de servicios de agua potable y de saneamiento, a fin de comprobar que tales servicios se prestan en las condiciones de calidad establecidas tanto en el Marco Regulatorio como en el respectivo Decreto de Concesión, considerando la normativa vigente. En virtud de esta acción, se detectan además las infracciones que pudieran haber existido, a fin de aplicar las sanciones del caso y exigir la adopción de las medidas correctivas necesarias. La SISS además fiscaliza que las descargas de residuos industriales líquidos se realicen de acuerdo con la normativa vigente.
Fuente de Agua o Fuente de Abastecimiento:	Lugar de producción natural de agua que puede ser de origen superficial (río, estero, lago o mar) o subterráneo (manantial o pozo).
Función Fiscalizadora Y Sancionadora:	Función que permite a la SISS imponer sanciones y medidas correctivas a los prestadores de servicios sanitarios y establecimientos industriales, ya sea por el incumplimiento de las normas aplicables, de las disposiciones y/o regulaciones dictadas por la SISS, de las obligaciones contenidas en los Decretos de Concesión (prestadores de servicios sanitarios) o de las obligaciones contenidas en las Resoluciones de Calificación Ambiental (establecimientos industriales).
Función Normativa:	Función que permite a la SISS dictar o proponer, dentro de su ámbito de competencia, reglamentos, instrucciones y normas de carácter general aplicables a intereses, obligaciones o derechos de los prestadores de servicios sanitarios. La SISS participa además en los procesos de generación de normas del Instituto Nacional de Normalización - INN y, en el ámbito ambiental, en los procesos de generación de normas que lidera la Comisión Nacional del Medio Ambiente - CONAMA.
Función Reguladora:	Función que permite a la SISS actuar en los procesos de determinación de las tarifas por los servicios sanitarios, proponer normativa técnica sanitaria, e interpretar la legislación y reglamentación aplicable al sector sanitario, de forma complementaria a la responsabilidad que sobre dichas materias posee la Contraloría General de la República.
Garantía de Cumplimiento del Programa de Desarrollo:	Instrumento financiero exigido en la normativa sanitaria que debe entregar el concesionario de los servicios sanitarios a fin de resguardar el fiel

cumplimiento de su programa de desarrollo. Para los servicios con menos de 500 arranques de agua potable es por un monto equivalente, en UF (Unidades de Fomento), al 2% de las inversiones contempladas en dicho programa. Para los servicios con más de 500 arranques de agua potable el monto de la garantía de cumplimiento del programa de desarrollo es equivalente a un 5% de las inversiones contempladas en dicho programa. La garantía del programa de desarrollo se recalcula en cada oportunidad en que se revisen las tarifas considerando el avance del programa de desarrollo.

Garantía del Fiel Cumplimiento de las Condiciones de Prestación del Servicio: Instrumento financiero exigido por la normativa sanitaria que debe entregar el concesionario a fin de resguardar el cumplimiento de las condiciones de servicio. Es por un monto de 0.03 UF por cada usuario del servicio (número de arranques de agua potable o número de uniones domiciliarias de alcantarillado) o su equivalente. Esta garantía se recalcula anualmente, considerando el número de usuarios a servir, de acuerdo con las estadísticas oficiales de la Superintendencia de Servicios Sanitarios.

Guía de Elaboración de programas de Desarrollo: Guía técnica de elaboración aprobada por la Superintendencia que define la forma de presentación, metodologías e instrucciones a que deben someterse los programas de desarrollo, con sus cronogramas de obras, sus actualizaciones y modificaciones.

Impacto Ambiental: Respuesta de la naturaleza ante la modificación ejercida por el hombre en un ecosistema, resultante de una serie de efectos tanto negativos como positivos. Alteración del medio ambiente debida a la intervención humana. Determinadas actuaciones requieren la elaboración previa ya sea de un Estudio de Impacto Ambiental o de una Declaración de Impacto Ambiental.

Infraestructura Sanitaria: Instalaciones, obras y construcciones que directa o indirectamente sean necesarias para emplazar, reemplazar, reparar y mantener los Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y de Alcantarillado de Aguas Servidas.

Laboratorio Acreditado: Laboratorio de ensayo al cual se le ha otorgado la acreditación, por parte del INN - Instituto Nacional de Normalización.

Lectura de Medidor: Acto de leer el estado que indica el registrador de consumo de un medidor de agua potable.

Ley de Tarifas:	Decreto con Fuerza de Ley (DFL) N°70 del Ministerio de Obras Públicas (MOP), de 1988.
Marco Regulatorio:	Normativa que rige la prestación del servicio sanitario en la República de Chile, integrada principalmente por: Ley General de Servicios Sanitarios - DFL MOP N°382/1988. Reglamento de la Ley General - DS MOP N°1199/2004. Ley Orgánica de la Superintendencia de Servicios Sanitarios - N°18.902. Ley de Tarifas de los Servicios Sanitarios - DFL MOP N°70/1988. Reglamento de la Ley de Tarifas - DS MINECON N°453/1990. Ley N°19.549, sobre Nuevo Régimen Jurídico Aplicable al Sector de los Servicios Sanitarios. Ley de Subsidio al Pago de Consumo de Agua Potable y Servicio de Alcantarillado - N°18.778. Reglamento de la Ley de Subsidio - DS N°195/1998 de Ministerio de Hacienda. Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y Alcantarillado - RIDAA.
Operador:	Persona jurídica que posee el Derecho de Explotación de un servicio sanitario, de acuerdo con lo previsto en el Marco Regulatorio y su respectivo Decreto de Concesión.
Pérdidas de Agua:	Pérdida Comercial de Agua Potable: diferencia existente entre el volumen de agua potable distribuido y el volumen facturado a los clientes. Se explica por la presencia de usuarios clandestinos, errores en la medición y otras deficiencias en el proceso de facturación del prestador. Pérdida de Agua en el Sistema de Distribución: diferencia entre la cantidad de agua potable entregada al sistema de distribución y la cantidad entregada a los usuarios, determinada mediante equipos de micromedición. Volumen de agua potable que no logra ser distribuido a los clientes debido a filtraciones, roturas de redes y demás deficiencias técnicas que se producen en las redes públicas de abastecimiento. Pérdida de Agua en el Sistema de Producción: diferencia entre la cantidad de agua captada por el sistema de producción de agua potable y la cantidad de agua entregada al sistema de distribución, descontando la cantidad de agua empleada en el sistema de producción (lavado de filtros de plantas de tratamiento de agua potable, por ejemplo).
Planta de Tratamiento De Agua Potable o de Potabilización:	Instalaciones que permiten purificar el agua cruda para transformarla en potable.
Planta de Tratamiento De Aguas Servidas PTAS:	Sistema de tratamiento de Aguas Residuales provenientes de viviendas.
Precio Máximo de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado:	Es el que se fija mediante las fórmulas tarifarias aprobadas por decreto del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, conforme al Decreto

	con Fuerza de Ley N° 70 del Ministerio de Obras Públicas, de 1988 (Ley de Tarifas).
Prestador de Servicios Sanitarios:	Entidades que brindan Servicios de Saneamiento en los siguientes ámbitos de los Servicios Públicos Sanitarios: - Servicio público de producción de agua potable. - Servicio público de distribución de agua potable. - Servicio público de recolección de aguas servidas. - Servicio público de disposición de aguas servidas. (Concesionario de servicios sanitarios).
Producción de Agua Potable:	Captación y tratamiento de agua cruda, para su posterior distribución como agua potable, en las condiciones técnicas y sanitarias establecidas en las normas respectivas.
Programa de Desarrollo:	Constituye un programa de inversiones para un horizonte de tiempo dado, cuyo objeto es permitir al prestador reponer, extender y ampliar sus instalaciones, a fin de responder oportunamente a los requerimientos de la demanda de servicios. Para los fines de fiscalización de su cumplimiento se califica la oportunidad de la puesta en explotación de las obras programadas y necesarias para cumplir dichos fines y no el monto de la inversión respectiva. El programa de desarrollo debe basarse en un estudio de pre-factibilidad técnico-económico y debe contener una descripción técnica general, un cronograma de obras proyectadas para un horizonte de quince años y demás exigencias previstas en la ley.
Recolección de Aguas Servidas:	Conducción de dichas aguas desde el inmueble del usuario, hasta la entrega para su disposición.
Red de Distribución de Agua Potable:	Conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua potable desde el estanque de regulación o planta de tratamiento hasta los puntos de consumo.
Régimen Tarifario:	Conjunto de normas, principios y sistemas tarifarios que consagran la forma y valores unitarios que se cobra a los clientes, por toda actividad vinculada directa o indirectamente con la prestación de los servicios de agua potable y de alcantarillado de aguas servidas.
Reglamento de la Ley De Tarifas:	Decreto Supremo (D.S.) N°453 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrución (MINECON) de 1989.
Requisitos Bacteriológicos del Agua Potable:	Características del agua potable referidas a la presencia de gérmenes del grupo coliformes, según lo establece la Norma NCh409.

Requisitos De Desinfección de Agua Potable: Características del agua potable referidas a la presencia de una concentración residual de desinfectante activo en la red de distribución, en forma permanente, según lo establece la Norma NCh409.

Requisitos Físicos del Agua Potable: Características del agua potable referidas a parámetros físicos: sabor, color, olor y turbiedad, según lo establece la Norma NCh409.

Requisitos Químicos del Agua Potable: Características del agua potable referidas a la presencia de elementos químicos, de acuerdo con las concentraciones máximas que establece la Norma NCh409.

Requisitos Radioactivos y otros Del Agua Potable: Características del agua potable referidas a la presencia de algunos parámetros radiactivos, pesticidas y triclorometano, según lo establece la Norma NCh409.

Residuos Líquidos Industriales RILES: Residuo(s) industrial(les) líquido(s) descargados por un Establecimiento Industrial.

Resolución de Calificación Ambiental RCA: La resolución que califique el proyecto o actividad sometido a la evaluación ambiental contendrá, a lo menos: a) la indicación de los elementos, documentos, facultades legales y reglamentarias que se tuvieron a la vista para resolver; b) las consideraciones técnicas u otras en que se fundamenta la resolución; c) la ponderación de las observaciones formuladas por las organizaciones ciudadanas con personalidad jurídica y por las personas naturales directamente afectadas, si corresponde; y d) la calificación ambiental del proyecto o actividad, aprobándolo, rechazándolo o, si la aprobación fuere condicionada, fijando las condiciones o exigencias ambientales que deberán cumplirse para ejecutar el proyecto o actividad y aquéllas bajo las cuales se otorgarán los permisos ambientales sectoriales que de acuerdo con la legislación deben emitir los organismos del Estado. Dicha resolución será notificada al titular del proyecto o actividad, y a las personas que hubieren presentado observaciones al respectivo Estudio de Impacto Ambiental. Asimismo, dicha resolución deberá ser notificada a las autoridades administrativas con competencia para resolver sobre el proyecto o actividad. Ver www.conama.cl .

Servicios Públicos Sanitarios: Servicio público de producción de agua potable: cuyo objeto es producir agua potable para un servicio público de distribución. Servicio público de distribución de agua potable: cuyo objeto es prestar dicho servicio, a través de las redes públicas exigidas por la urbanización conforme a la ley, a usuarios finales obligados a pagar un precio por dicha prestación. Servicio público de recolección de aguas servidas: cuyo objeto es prestar dicho servicio, a través de las redes públicas exigidas por la urbanización conforme a la ley, a usuarios finales obligados a pagar un precio por dicha prestación. Servicio público de disposición de aguas servidas: cuyo objeto es disponer las aguas servidas de un servicio público de recolección.

Sistema de Abastecimiento de Agua Potable: Conjunto de instalaciones, infraestructura, maquinarias y equipos utilizados para la captación, almacenamiento y conducción de agua cruda; tratamiento, almacenamiento y conducción de agua potable; redes de distribución, arranques de agua potable, incluyendo el medidor de consumo, grifos públicos u otras, que permiten abastecer de agua potable a un núcleo de población determinado.

Sistema de Alcantarillado de Aguas Servidas: Conjunto de instalaciones, infraestructura, maquinarias y equipos utilizados para la recolección, conducción, tratamiento y disposición final de las aguas residuales. Existen dos tipos de alcantarillado: - Sistema separado: un alcantarillado de aguas residuales y otro de aguas lluvia, que recolectan en forma independiente dichas aguas en un mismo sector. - Sistema combinado: constituido por una red de tuberías que recoge y conduce las aguas residuales y las aguas lluvia conjuntamente.

Sistema de Distribución de Agua Potable: Parte del sistema de abastecimiento de agua que comprende el almacenamiento, conducción, redes de distribución y arranques de agua potable, inclusive la medición, grifos públicos, u otros. El sistema de distribución de cualquier servicio de agua potable deberá ajustarse a lo establecido en la norma chilena NCh 691 "Agua Potable - Conducción, Regulación y Distribución".

Sistema de Producción de Agua Potable: Parte del sistema de abastecimiento de agua que comprende la captación, almacenamiento y conducción de agua cruda, tratamiento y conducción de agua tratada.

Sistema de Recolección de Aguas Servidas: Parte del Sistema de Alcantarillado de Aguas Servidas que comprende las redes de recolección y conducción y elevación de dichas aguas. Los sistemas de recolección de aguas servidas deberán cumplir con la norma chilena NCh 1105 "Alcantarillado de Aguas Residuales - Cálculo y Diseño de redes".

Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales: Conjunto de operaciones y procesos secuenciales físicos, químicos, biológicos, o combinación de ellos, naturales o artificiales, posibles de controlar que se desarrollan en instalaciones diseñadas y construidas de acuerdo con criterios técnicos específicos para este tipo de obras, y cuyo propósito es reducir la carga contaminante de las aguas residuales para adecuarlas a las exigencias de descarga al cuerpo receptor. Bajo este concepto se incluyen, entre otros, lagunas estabilización, lodos activados, y emisarios submarinos aprobados por la autoridad competente.

Solicitud de Concesión: Petición realizada por un prestador de servicios sanitarios, que da origen a un Proceso administrativo, según el cual, éste solicita a la SISS la atención de nuevos sectores operacionales con sus respectivos usuarios, de acuerdo con el procedimiento establecido en el DFL MOP N°382/88 y su Reglamento.

Superintendencia de Servicios Sanitarios SISS: Servicio funcionalmente descentralizado creado por la Ley N°18.902, con personalidad jurídica y patrimonio propio, sujeto a la supervigilancia del Presidente de la República a través del Ministerio de Obras Públicas, y encargado de las normas relativas a servicios sanitarios, el otorgamiento de las concesiones y la fijación de las respectivas tarifas, así como el control de los residuos líquidos industriales.

Tarifa de Servicio: Precio por unidad (metro cúbico), definido en función de las variables consideradas en el sistema tarifario (Ley de Tarifas: D.F.L. MOP N°70 de 1988 y su Reglamento: D.S. MINECON N°453 de 1989). Conjunto de precios que puede cobrar el concesionario de servicios sanitarios, determinados de acuerdo con la ley, y autorizados mediante Decreto de Tarifas por concepto de la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y servicios relacionados.

Territorio Operacional de Alcantarillado: Territorio dentro del cual el concesionario se ha comprometido a prestar el servicio de alcantarillado de aguas servidas, de manera exclusiva y excluyente y respecto del cual tiene derechos y obligaciones que surgen del Marco Regulatorio y de los respectivos Decretos de Concesión.

Territorio Operacional de Agua Potable: Territorio dentro del cual el concesionario se ha comprometido a prestar el servicio de abastecimiento de agua potable, de manera exclusiva y excluyente y respecto del cual tiene derechos y obligaciones que surgen del Marco Regulatorio y de los respectivos Decretos de Concesión.

Titular del Derecho de Explotación: La persona que opera un servicio público sanitario, por habérsele transferido por el concesionario el derecho de explotación del servicio.

Transferencia del Derecho de Explotación de una Concesión: Acto jurídico mediante el cual el titular de la concesión puede transferir total o parcialmente el derecho a explotarla. Dicho acto jurídico debe constar en escritura pública y debe ser aprobado por la Superintendencia. Por la transferencia, el dueño de la concesión continúa siendo responsable de las obligaciones que emanan de su calidad de concesionario. La transferencia del derecho de explotación es por un plazo limitado, tras el cual, se radica nuevamente en el concesionario este atributo de la concesión, incluidos los bienes afectos a la concesión y las obras construidas durante el período de explotación, salvo acuerdo en contrario y siempre que no se afecte el normal funcionamiento del servicio ni el debido cumplimiento de las obligaciones que emanan de la concesión, de acuerdo con la ley.

Transferencia del Dominio de una Concesión: Acto jurídico mediante el cual el titular de la concesión puede transferir total o parcialmente su dominio. Dicho acto deberá constar en escritura pública, previa aprobación de la Superintendencia. Podrán ser objeto de transferencia todos o cualquiera de los servicios concesionados y todo o parte de los respectivos territorios operacionales.

Tratamiento de Agua

Potable: Procedimiento para potabilizar el agua, que incluye los procesos de presedimentación, coagulación, floculación, sedimentación y desinfección o cloración y otros procedimientos establecidos para lograr las condiciones físico-químicas y microbiológicas exigidas en la norma de calidad del agua potable.

Tratamiento de Aguas Residuales (o Servidas): Procedimiento para reducir a un nivel aceptable la presencia de elementos contaminantes en las aguas residuales antes de su descarga o vertimiento en las fuentes o cuerpos receptores o para su reuso en la agricultura, sin peligro de contaminación.

Unión Domiciliaria de Alcantarillado: Tramo de tubería y componentes comprendido entre la red de recolección y la primera cámara de inspección, incluida esta última.

Usuario: Persona natural o jurídica que se encuentra en posesión legal de un predio y está en posibilidad de hacer uso legal del suministro respectivo, según lo dispuesto en las normas aplicables.

8. LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Regímenes de estacionalidad: interpretación de los valores del Índice de Estacionalidad (Walsh & Lawler, 1981). 13
Tabla 2. Resumen de resultados y conclusiones presentados en DGA (2022) 41
Tabla 3. Umbralización de las amenazas climáticas para la Isla de Chiloé. 53
Tabla 4. Amenaza climática combinada en la Isla Grande de Chiloé. 54
Tabla 5. Síntesis comparativa de información censal en base a datos obtenidos de Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y Biblioteca del Congreso Nacional 60
Tabla 6. Número de proyectos de infraestructura por comuna (descontadas las comunas Islas; Puqueldón, Curaco de Vélez y Quinchao). Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del SIN 2015-2025 68
Tabla 7. Monto de los proyectos de inversión por sector y por comuna. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del SIN 2015-2025 69
Tabla 8. Proyectos (ejecución) 2015-2025 en el sector de Recursos Hídricos, Isla Grande de Chiloé. Fuente. Elaboración propia en base a data SNI 73
Tabla 9. Resumen por comuna - Monto total de inversión 2015-2025 en ejecución de proyectos en el sector de Recursos Hídricos, Isla Grande de Chiloé. Fuente. Elaboración propia en base a data SNI 78
Tabla 10. Principales instrumentos normativos que regulan el suministro de agua potable a la ciudadanía 84
Tabla 11. Derechos de Aprovechamiento de Agua (DAA) por comuna en la provincia de Chiloé 93
Tabla 12. Derechos de Aprovechamiento de Agua (DAA) por comuna de la provincia de Chiloé, desglosados por tipo de derecho. 93
Tabla 13. Cuadro resumen de los SSR seleccionados para el área de estudio. 111
Tabla 14. Mapa de actores públicos clave de los SSR en Chiloé: Fuente, elaboración propia a partir de antecedentes del Gobierno Central 115
Tabla 15. Mapa de actores públicos clave de los SSR en Chiloé - Gobierno Local - Elaboración Propia 122
Tabla 16. Mapa de actores privados clave de los SSR en Chiloé: Actores privados y Usuarios de Agua - Elaboración Propia 125
Tabla 17. Mapa de actores clave de los SSR en Chiloé: Actores de la Sociedad Civil - Elaboración Propia 131
Tabla 18. Ponderaciones para indicadores 171
Tabla 19. Indicadores y subindicadores asociados al riesgo de pérdida de continuidad del servicio en los sistemas sanitarios rurales. 173

Tabla 20. Nivel de exposición a distancia. Fuente: elaboración propia 181
Tabla 21. Nivel de exposición en base a distancia. Fuente: elaboración propia 184
Tabla 22. Pérdida de cobertura vegetal protectora. Fuente: elaboración propia 187
Tabla 23. Exposición a la presión antrópica en el área de recarga. Fuente: elaboración propia 190
Tabla 24. Interpretación del nivel de exposición de cada SSR. Fuente: elaboración propia 190
Tabla 25. Estimación del factor - promedio de personas por hogar - por comuna 192
Tabla 26. Estimación de habitantes abastecidos, de acuerdo al factor 3 y al número de arranques por SSR. Fuente: elaboración propia 193
Tabla 27. Nivel de sensibilidad según el número de arranques de SSR. Fuente: elaboración propia 194
Tabla 28. Nivel de sensibilidad en base a la razón de demanda segura en periodo estival. Fuente: elaboración propia 196
Tabla 29. Indicador de crecimiento de población 198
Tabla 30. Capacidad de almacenamiento. Fuente: elaboración propia 200
Tabla 31. Evaluación de la infraestructura para los SSR. Fuente: elaboración propia 202
Tabla 32. Umbrales y normalización de valores para la disponibilidad de componentes básicos de una SSR. Fuente: elaboración propia 203
Tabla 33. Metodología de evaluación de registros para monitorear la calidad del agua potable de la SSR. Fuente: elaboración propia 205
Tabla 34. Umbrales y normalización de valores con respecto a registros de los procesos de tratamiento de agua de una SSR. Fuente: elaboración propia 206
Tabla 35. Diversificación de fuentes. Fuente: elaboración propia 208
Tabla 36. Umbrales y normalización de número de fuentes de abastecimiento de una SSR. Fuente: elaboración propia 209
Tabla 37. Interrupciones en el servicio de las SSR. Fuente: elaboración propia 211
Tabla 38. Umbrales y normalización en relación a interrupciones del servicio prestado por la SSR. Fuente: elaboración propia 212
Tabla 39. Evaluación para la gestión de los SSR. Fuente: elaboración propia 214
Tabla 40. Umbrales y normalización en relación a interrupciones del servicio prestado por la SSR. Fuente: elaboración propia 215
Tabla 41. Metodología de evaluación para la detección de la interrupción del servicio. Fuente: elaboración propia 217
Tabla 42. Umbrales y normalización de la disponibilidad de DAA de la SSR. Fuente: elaboración propia 218
Tabla 43. Interpretación del nivel de sensibilidad de cada SSR. Fuente: elaboración propia 218

Tabla 44. Resultados de sensibilidad por subindicador, aspectos estructurales y no estructurales, e indicador de sensibilidad (S). Fuente: elaboración propia 221
Tabla 45. Evaluación por niveles - Tecnología de Gestión Hídrica (A). Fuente: elaboración propia 226
Tabla 46. Evaluación por niveles - Tecnologías administrativas y de gestión del servicio (B). Fuente: elaboración propia 227
Tabla 47. Evaluación por niveles - Planificación a corto plazo (1–3 años) (A). Fuente: elaboración propia 230
Tabla 48. Evaluación por niveles - Planificación a mediano plazo (4–10 años) (B).Fuente: elaboración propia 230
Tabla 49. Evaluación por niveles: existencia y adecuación del sistema de respaldo. Fuente: elaboración propia 233
Tabla 50. Evaluación por niveles - Autonomía energética y aseguramiento del suministro. Fuente: elaboración propia. 233
Tabla 51. Protocolos, mantenimiento y sostenibilidad institucional. Fuente: elaboración propia 233
Tabla 52. Evaluación por niveles - Diversificación de fuentes existentes (A). Fuente: elaboración propia 236
Tabla 53. Evaluación por niveles - Estabilidad y credibilidad institucional de las fuentes (B). Fuente: elaboración propia 236
Tabla 54. Evaluación por niveles - Estrategia de sostenibilidad financiera (C). Fuente: elaboración propia 237
Tabla 55. Evaluación por niveles - Protección física y regulatoria de la fuente (A). Fuente: elaboración propia 240
Tabla 56. Evaluación por niveles - Gestión ambiental del entorno, manejo de la microcuenca y Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) (B). Fuente: elaboración propia 241
Tabla 57. Evaluación por niveles - Monitoreo, gobernanza y sostenibilidad institucional (C). Fuente: elaboración propia 241
Tabla 58. Interpretación de nivel de capacidad adaptativa de cada SSR. Fuente: elaboración propia 242
Tabla 59. Resultados de capacidad adaptativa por subindicador, e indicador de Capacidad Adaptativa (CA). Fuente: elaboración propia 244
Tabla 60. Resultados de nivel de riesgo para las SSR. Fuente: elaboración propia 253
Tabla 61. Síntesis agrupación de problemáticas identificadas a lo largo de dimensiones del servicio (continuidad, cantidad y calidad del suministro) - Elaboración Propia 258
Tabla 62. Detalle de las problemáticas identificadas en relación con las componentes no estructurales. Fuente: elaboración Propia 261

Tabla 63. Resultados priorización de medidas. Fuente: elaboración Propia 296
Tabla 64. Definición de horizontes para la hoja de ruta 307
Tabla 65. Tabla resumen de priorizaciones acordadas en taller de validación de medidas. 309
Tabla 66. Síntesis casos identificados. Fuente: elaboración Propia 315
Tabla 67. Priorización casos identificados. Fuente: elaboración Propia 318

9. LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema sintético de los pasos metodológicos generales y figuras en las que se presentan dichos resultados. Fuente: elaboración propia 11
Figura 2. Flujo metodológico para la definición de condiciones históricas, la comparación de salidas CIMP6 e indicadores de cambio de la amenaza climática, y las figuras donde se presentan dichos resultados. Fuente: elaboración propi 12
Figura 3. Precipitación anual promedio según década. Los puntos azules indican los SSR apareciendo en los intervalos temporales en que se crean según lo indicada en la base de datos provista por la contraparte, los tamaños relativos hacen referencia al número de arranques por SSR. Fuente elaboración propia en base a Datos de CR2MET. 15
Figura 4. Tendencia de precipitación anual y estacional para el periodo 1960-2021. La tendencia corresponde a la pendiente de Sen. Las zonas achuradas muestran una tendencia significativa según la prueba de Mann-Kendall para p < 0,05. Fuente elaboración propia en base a Datos de CR2MET 15
Figura 5. Precipitación estacional promedio según década. Fuente elaboración propia en base a Datos de CR2MET. 16
Figura 6. Estacionalidad promedio según Walsh & Lawler (1981), puntos azules corresponden a SSR con diferencia de tamaño en función del número de arranques. Fuente elaboración propia en base a Datos de CR2MET. 17
Figura 7. Comparación de series de precipitación observada, series simuladas de los modelos CIMP6 y promedio de las salidas de los modelos para el periodo histórico, SHAC Ancud. Fuente elaboración propia en base a Salidas CIMP6 desde Copernicus Data Store. 19
Figura 8. Comparación de series de precipitación observadas, de series simuladas con los modelos CIMP6 y del promedio de las salidas de los modelos para el periodo histórico. SHAC Piuchén Fuente elaboración propia en base a Salidas de CIMP6 desde el Copernicus Data Store. 20
Figura 9. Comparación de series de precipitación observadas, de series simuladas con los modelos CIMP6 y del promedio de las salidas de los modelos para el periodo histórico. SHAC

Chepu. Fuente elaboración propia en base a Salidas de CIMP6 desde el Copernicus Data Store. 20
Figura 10. Comparación de series de precipitación observadas, de series simuladas con los modelos CIMP6 y del promedio de las salidas de los modelos para el periodo histórico. SHAC Castro Fuente elaboración propia en base a Salidas de CIMP6 desde el Copernicus Data Store. 21
Figura 11. Comparación de series de precipitación observadas, de series simuladas con los modelos CIMP6 y del promedio de las salidas de los modelos para el periodo histórico. SHAC Huillinco. Fuente elaboración propia en base a Salidas de CIMP6 desde el Copernicus Data Store. 21
Figura 12. Comparación de series de precipitación observadas, de series simuladas con los modelos CIMP6 y del promedio de las salidas de los modelos para el periodo histórico. SHAC Quellón. Fuente elaboración propia en base a Salidas CIMP6 desde Copernicus Data Store 22
Figura 13. Comparación de series de precipitación observadas y simuladas por los modelos, luego de la corrección de sesgo mediante mapeo de cuartiles. Se reconoce el uso del paquete climQMBC para MATLAB. Fuente elaboración propia en base a Referencia desde CR2Met, salidas CIMP6 desde Copernicus Data Store 23
Figura 14. Comparación de precipitación promedio observada desde CR2MET en el periodo de referencia (1979-2018), series simuladas de los modelos CIMP6 para el periodo histórico y el periodo futuro (2035-2065) de las salidas de los modelos en los escenarios SSP8-5.5 y SSP2-4.5 ajustadas. SHAC Ancud. Fuente elaboración propia en base a Explorador de amenazas ARClim..... 25
Figura 15. Comparación de precipitación promedio observada desde CR2MET en el periodo de referencia (1979-2018), series simuladas de los modelos CIMP6 para el periodo histórico y el periodo futuro (2035-2065) de las salidas de los modelos en los escenarios SSP8-5.5 y SSP2-4.5 ajustadas. SHAC Piuchén. Fuente elaboración propia en base a Explorador de amenazas ARClim..... 26
Figura 16. Comparación de precipitación promedio observada desde CR2MET en el periodo de referencia (1979-2018), series simuladas de los modelos CIMP6 para el periodo histórico y el periodo futuro (2035-2065) de las salidas de los modelos en los escenarios SSP8-5.5 y SSP2-4.5 ajustadas. SHAC Chepu. Fuente elaboración propia en base a Explorador de amenazas ARClim..... 27
Figura 17. Comparación de precipitación promedio observada desde CR2MET en el periodo de referencia (1979-2018), series simuladas de los modelos CIMP6 para el periodo histórico y el periodo futuro (2035-2065) de las salidas de los modelos en los escenarios SSP8-5.5 y

SSP2-4.5 ajustadas. SHAC Castro. Fuente elaboración propia en base a Explorador de amenazas ARClim..... 28
Figura 18. Comparación de precipitación promedio observada desde CR2MET en el periodo de referencia (1979-2018), series simuladas de los modelos CIMP6 para el periodo histórico y el periodo futuro (2035-2065) de las salidas de los modelos en los escenarios SSP8-5.5 y SSP2-4.5 ajustadas. SHAC Huillinco. Fuente elaboración propia en base a Explorador de amenazas ARClim..... 29
Figura 19. Comparación de precipitación promedio observada desde CR2MET en el periodo de referencia (1979-2018), series simuladas de los modelos CIMP6 para el periodo histórico y el periodo futuro (2035-2065) de las salidas de los modelos en los escenarios SSP8-5.5 y SSP2-4.5 ajustadas. SHAC Quellón. Fuente: Explorador de amenazas ARClim. 30
Figura 20. Comparación de variabilidad en temperatura media y precipitación anual intra-SHAC de las series simuladas de los modelos CIMP6 para el periodo histórico (1980 – 2010) y periodo futuro (2035–2065) de las salidas de los modelos en el escenario SSP8-5.5 y SSP2-4.5 ajustadas. Fuente: Códigos propios, a partir de Datos de ARClim..... 31
Figura 21. Índice de Estacionalidad (IE) aue permite comparar el régimen de precipitación entre condiciones históricas y de futuro cercano. Fuente: elaboración propia en base a Datos mensuales de precipitación del Explorador de Amenazas de ARClim 32
Figura 22. Comparación de series de tiempo de precipitación mensual, índice de estacionalidad, SPI-12 y SPI-3 de las series simuladas por el modelo CIMP6 en el escenario SSP8.5 para el SHAC Ancud. Fuente elaboración propia en base a Datos mensuales de precipitación del Explorador de Amenazas de ARClim. 34
Figura 23. Series de tiempo de los componentes del balance superficial para el periodo histórico 1986-2020 y el futuro 2021-2060. La línea punteada corresponde a simulaciones de condiciones futuras. Fuente elaboración propia en base a Datos de DGA (2022). 36
Figura 24. Series de tiempo de los flujos del balance superficial para el periodo histórico 1986-2020 y el futuro 2021-2060, para los 4 escenarios de gestión propuestos en el estudio DGA (2022): Base, Aumento de población, Cambio de uso de suelo y Plan de gestión. Fuente elaboración propia en base a Datos de DGA (2022). 37
Figura 25. Caudal entrante a humedales para el periodo histórico 1986-2020 y el futuro 2021-2060, en los 4 escenarios de gestión propuestos en el estudio DGA (2022), en cada uno de los humedales (marismas herbáceas, ñadis herbáceos y arbustivos, otros terrenos húmedos, bofedales, turberas, vegas y vegetación en ríos) identificados en el estudio DGA (2022). Fuente elaboración propia en base a Datos de DGA (2022). 38
Figura 26. Comparación de los componentes del balance superficial para el periodo histórico 1986-2020 y el futuro 2021-2060. Cada columna corresponde a los 4 escenarios de gestión —Base, Aumento de población, Cambio de uso de suelo, Plan de gestión— propuestos en el

estudio DGA (2022) para cada uno de los SHAC de la Isla de Chiloé. E se refiere a las entradas al sistema y S a las salidas del sistema. Fuente elaboración propia en base a Datos de DGA (2022). 40
Figura 27. Comparación de cambio en temperatura media según estación (invierno y verano) y periodo (actual y futuro). Fuente elaboración propia en base a Datos del Explorador de Amenazas de ARClim 45
Figura 28. Comparación del cambio en los días de verano (T > 25 °C) según la estación (invierno y verano) y el periodo (actual y futuro). Fuente elaboración propia en base a Datos de ARClim. Fuente: Datos del Explorador de Amenazas de ARClim 46
Figura 29. Comparación de cambio en Días Cálidos (T>p90) según estación (invierno y verano) y periodo (actual y futuro). Fuente elaboración propia en base a Datos del Explorador de Amenazas de ARClim 47
Figura 30. Comparación de la precipitación acumulada según la estación (invierno y verano) y el periodo (actual y futuro). Fuente elaboración propia en base a Datos del Explorador de Amenazas de ARClim 48
Figura 31. Comparación del cambio en días secos consecutivos según la estación (invierno y verano) y el periodo (actual y futuro). Fuente elaboración propia en base a Datos del Explorador de Amenazas de ARClim..... 49
Figura 32. Comparación del cambio en la frecuencia de periodos de sequía (porcentaje respecto del periodo base 1980-2019) según estación (invierno y verano) y periodo (actual y futuro). Fuente elaboración propia en base a Datos del Explorador de Amenazas de ARClim 50
Figura 33. Comparación de cambio en el SPI-12 (Índice de Precipitación Estandarizado para 12 meses) según estación (invierno y verano) y periodo (actual y futuro). Fuente elaboración propia en base a Datos del Explorador de Amenazas de ARClim 51
Figura 34. (2 páginas) Comparación del cambio en la precipitación mensual por periodo (actual y futuro). Fuente elaboración propia en base a Datos del Explorador de Amenazas de ARClim. 52
Figura 35. Comparación del cambio en la precipitación mensual del trimestre julio-septiembre para el periodo (actual y futuro). Fuente elaboración propia en base a Datos del Explorador de Amenazas de ARClim..... 55
Figura 36. Comparación del cambio en la precipitación mensual del trimestre julio-septiembre para el periodo actual y futuro. Fuente elaboración propia en base a Datos del Explorador de Amenazas de ARClim..... 56
Figura 37. Análisis de la distribución poblacional en torno a los principales centros urbanos y las infraestructuras de transporte de las tres macrozonas. Fuente: Elaboración propia 61

Figura 38. Cobertura de bosques nativos (verde oscuro) y humedales, turberas, ñadis, suelos anegados sensu lato; y el perímetro de las áreas protegidas públicas y privadas en la Isla Grande de Chiloé (destacado en rojo) Fuente: elaboración propia con información del Geoportal del MMA 63
Figura 39. "Huella Impermeable" construida en la Isla Grande de Chiloé Fuente elaboración propia en base a Sentinel-2 2017-2024) 65
Figura 40. Representación gráfica del número de proyectos por comuna y del monto de inversión por comuna. Fuente: Elaboración propia en base a data del SNI..... 70
Figura 41. Esquema cartográfico que muestra las inversiones proyectadas para la Isla Grande de Chiloé. Fuente: elaboración propia 71
Figura 42. Organigrama institucional de la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales. Fuente: Elaboración propia a partir de DT N° 174/2024 88
Figura 43. Organigrama del Consejo Consultivo Nacional - Fuente: Elaboración propia. Fuente: elaboración propia. 89
Figura 44. Distribución de las 92 SSR entre las siete comunas de la Isla Grande de Chiloé. Fuente: elaboración propia a partir de Base de Datos de DOH Regional 90
Figura 45. Distribución de las SSR en la Isla Grande de Chiloé, reflejando la antigüedad: la mayor intensidad del círculo rojo indica mayor antigüedad. Fuente: elaboración propia a partir de Base de Datos de DOH Regional 91
Figura 46. Comparación de los volúmenes promedio anuales (L/s) entre Caudal Ecológico, Uso Consuntivo y Uso No Consuntivo por comuna en la Isla Grande de Chiloé. Se aplicó la transformación logarítmica para mejorar la visualización de los datos. Fuente: elaboración propia a partir del catastro de derechos de aguas de la DGA, actualizada al 30 de junio de 2025..... 94
Figura 47. Proporción de derechos de aprovechamiento de aguas "no consuntivas" según su uso. Fuente: elaboración propia a partir del catastro de derechos de aguas de la DGA, actualizada al 30 de junio de 2025. 95
Figura 48. Caudales asignados a derechos de aprovechamiento de aguas "consuntivos" según su uso. Fuente: elaboración propia a partir del catastro de derechos de aguas de la DGA, actualizada al 30 de junio de 2025 96
Figura 49. Localización de SSR (círculos celestes) y concentración de puntos de captación de agua (círculos amarillos, con tamaño incremental a mayor densidad), e identificación de derechos de agua no consuntivos (círculos verdes, tamaño incremental a mayor densidad). Los valores dentro de las circunferencias amarillas y verdes indican el número de DAA en el perímetro. Fuente: Elaboración propia en base a datos provistos por la DGA y DOH. 97
Figura 50. Representación cartográfica de los arranques por SSR, con círculos celestes (de mayor tamaño, mayor cantidad de arranques). Diagramas de torta representan proporción

de tipos de provisión de agua a cada cuadra censal rojo: pozo noria, azul: camión aljibe, verde: fuentes superficiales como esteros, vertientes, lagos, lagunas Fuente: elaboración propia en base a resultados Censo 2017. 98
Figura 51. Curva de acumulación de la creación de sistemas sanitarios rurales (APR y SSR) desde 1980 a la fecha para la Isla Grande de Chiloé Fuente: elaboración propia a partir de Base de Datos de DOH Regional 100
Figura 52. Distribución del número total de SSR por comuna que se abastece de fuentes subterráneas, superficiales o ambas. Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos entregada por la DOH regional. 101
Figura 53. Caudales anuales otorgados por la DGA, considerando diferentes fuentes (subterráneas o superficiales), a los SSR por comuna. Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos entregada por la DOH regional. 101
Figura 54. Modelo socio-hidrológico, compuesto por los subsistemas: B) Subsistema de ciclo hidrológico, C) Regulación y gestión institucional, regional y nacional, y D) Gestión de SSR. Fuente: Elaboración Propia. Todas las relaciones expuestas se han recogido de la bibliografía, de los cuerpos normativos y del criterio de expertos. 103
Figura 55. Subsistema de Servicios Ecosistémicos de Provisión de Agua. Fuente: Elaboración Propia. Todas las relaciones expuestas se han recogido de la bibliografía, de los cuerpos normativos y del criterio de expertos. 105
Figura 56. Subsistema de Gestión Institucional Hídrica. Fuente: Elaboración Propia. Todas las relaciones expuestas se han recogido de la bibliografía, de los cuerpos normativos y del criterio de expertos. 106
Figura 57. Subsistema SSR. Fuente: Elaboración Propia. Todas las relaciones expuestas se han recogido de la bibliografía, de los cuerpos normativos y del criterio de expertos. 107
Figura 58. Diagrama relacional de actores clave para la gestión y financiamiento del agua potable rural: Fuente, elaboración propia. 137
Figura 59. Diagrama relacional de actores clave para la protección y conservación de los ecosistemas y las fuentes de agua. Fuente: elaboración propia. 140
Figura 60. Diagrama de relación de actores clave para la educación ambiental y gestión comunitaria 145
Figura 61. Ubicación de los SSR visitados durante las tres campañas de trabajo en terreno - Elaboración propia 149
Figura 62. Modelo analítico de riesgo. Elaboración propia en base al informe IPCC, 2014 168
Figura 63. Mapa de comparación entre Amenaza Anual (a) y Amenaza Mensual (b) (octubre-marzo) para las SSR de la Isla Grande de Chiloé. 178
Figura 64. Mapa de sub-indicador de Exposición 1; Cercanía de captaciones a fuentes de contaminación (industrias, vertederos y caminos). Elaboración propia. 182

Figura 65. Mapa de sub-indicador de Exposición 2; Exposición geográfica a intrusión salina y marejadas. Elaboración propia. 185
Figura 66. Mapa de sub-indicador de Exposición 3; Pérdida de cobertura vegetal. Elaboración propia. 188
Figura 67. Mapa de sub-indicador de Exposición 4; Presión antrópica en áreas de recarga. Elaboración propia. 191
Figura 68. Mapa de sub-indicador de Sensibilidad 1; Número de Arranques. Elaboración propia. 195
Figura 69. Mapa de sub-indicador de Sensibilidad 2; Razón demanda segura periodo estival. Elaboración propia. 197
Figura 70. Mapa de sub-indicador de Sensibilidad 3; Crecimiento de la demanda. Elaboración propia. 199
Figura 71. Mapa de sub-indicador de Sensibilidad 4; Capacidad de almacenamiento per cápita. Elaboración propia. 201
Figura 72. Mapa de sub-indicador de Sensibilidad 5; Disponibilidad de componentes básicos para el funcionamiento del SSR. Elaboración propia. 204
Figura 73. Mapa de sub-indicador de Sensibilidad 6; Disponibilidad y completitud de registros de calidad del agua entregados por el SSR. Elaboración propia. 207
Figura 74. Mapa de sub-indicador de Sensibilidad 7; Diversificación de las fuentes de agua. Elaboración propia. 210
Figura 75. Mapa de sub-indicador de Sensibilidad 8; Interrupciones del servicio asociados a temas de infraestructura o disponibilidad de agua en las fuentes de captación. Elaboración propia. 213
Figura 76. Mapa de sub-indicador de Sensibilidad 9; Capacidad de gobernanza y gestión comunitaria del SSR. Elaboración propia. 216
Figura 77. Mapa de sub-indicador de Sensibilidad 10; Disponibilidad de Derechos de Aprovechamiento de Agua del SSR. Elaboración propia. 219
Figura 78. Resultados del Indicador de Sensibilidad Estructural (S.E.) y del Indicador de Sensibilidad No Estructural (S.N.E.) de las SSR incluidas en el estudio. 223
Figura 79. Resultados del indicador de sensibilidad de las SSR incluidas en el estudio. 224
Figura 80. Mapa del Sub-indicador 1 de Capacidad Adaptativa: Incorporación de tecnologías de control y gestión. Elaboración propia. 228
Figura 81. Mapa del Sub-indicador 2 de Capacidad Adaptativa: Proyección y compromiso institucional para el fortalecimiento de la infraestructura del SSR. Elaboración propia. 231
Figura 82. Mapa del Sub-indicador 3 de Capacidad Adaptativa: Sistemas de respaldo energético. Elaboración propia. 234

Figura 83. Mapa del Sub-indicador 4 de Capacidad Adaptativa: Diversificación de las fuentes de financiamiento. Elaboración propia. 238
Figura 84. Mapa del Sub-indicador 5 de Capacidad Adaptativa: Gestión ambiental del entorno y/o gestión de fuentes. Elaboración propia. 243
Figura 85. Mapa de Capacidad adaptativa. Elaboración propia. 246
Figura 66. Interpretación del nivel de vulnerabilidad de cada SSR. Fuente: elaboración propia 248
Figura 87. Mapa de Capacidad adaptativa. Elaboración propia. 251
Figura 88. Resultados del nivel de riesgo climático asociado a las SSR incluidas en el estudio. Fuente: elaboración propia 255
Figura 89. Componentes estructurales de los SSR. Elaboración Propia. 257
Figura 90. Ejercicio de priorización de propuesta de medidas estructurales. Fuente: elaboración Propia 294
Figura 91. Ejercicio de priorización de propuesta de medidas no estructurales. Fuente: elaboración Propia 295
Figura 92. Identificación de ecosistemas estratégicos con potencial de regulación hídrica en el SHAC Ancud. Fuente: elaboración Propia 327
Figura 93. Identificación de ecosistemas estratégicos con potencial de regulación hídrica en el SHAC Ancud. Fuente: elaboración Propia 328
Figura 94. Cobertura de humedales, SHAC Ancud. Fuente: elaboración Propia 329
Figura 95. Cobertura de matorrales y praderas, SHAC Ancud. Fuente: elaboración Propia 330
Figura 96.Identificación de ecosistemas estratégicos con potencial de regulación hídrica en el SHAC Castro. Fuente: elaboración Propia 331
Figura 97. Cobertura de bosque nativo, SHAC Castro. Fuente: elaboración Propia 332
Figura 98. Cobertura de humedales, SHAC Castro. Fuente: elaboración Propia 333
Figura 99.Coberturas de matorrales y praderas, SHAC Castro. Fuente: elaboración Propia 334
Figura 100. Identificación de ecosistemas estratégicos con potencial de regulación hídrica en el SHAC Huillinco. Fuente: elaboración Propia 335
Figura 101.Coberturas bosque nativo, SHAC Huillinco. Fuente: elaboración Propia 336
Figura 102.Coberturas humedlaes, SHAC Huillinco. Fuente: elaboración Propia 337
Figura 103.Coberturas de praderas y matorrales, SHAC Huillinco. Fuente: elaboración Propia 338
Figura 104.Identificación de ecosistemas estratégicos con potencial de regulación hídrica en el SHAC Quellón. Fuente: elaboración Propia 339
Figura 105.Cobertura Bosque nativo, SHAC Quellón. Fuente: elaboración Propia 340
Figura 106. Cobertura de Humedales, SHAC Quellón. Fuente: elaboración Propia 341

Figura 107.Coberturas de Praderas y Matorrales SHAC Quellón. Fuente: elaboración Propia 342
Figura 87: Mapa de precipitación anual promedio por década (1960-2020) que muestra una disminución progresiva, especialmente desde 2010. Incluir la ubicación de SSR superpuesta para visualizar la expansión de los sistemas coincidente con períodos de mayor escasez. 346
Figura 109: Mapa la Isla Grande de Chiloé que señala los 15 Servicios Sanitarios Rurales que conformaron el área de estudio. 348
Figura 110: Mapa de la Isla Grande de Chiloé que señala la ubicación del SSR de Manao. 352
Figura 111: Mapa área de operación SSR Manao con identificación de ecosistemas estratégicos para la regulación hídrica 353
Figura 112: Gráfico de la velocidad promedio mensual del viento en la localidad de Manao, con una media de 6,3 metros por segundo. Datos tomados del Explorador Eólico del Ministerio de Energía (Lat. -41,89° Long. -73,53°, a 19 msnm). 372
Figura 113: Aerogenerador de 5kW para sistema off-grid (marca: Ryse Energy. Distribuído por Magnotek Chile) 375
Figura 114**:** Mapa de ubicación del terreno en el que se instalaría el sistema de generación fotovoltaica. 378
Figura 115**:** Foto Aérea de ubicación del terreno en el que se instalaría el sistema de generación fotovoltaica. 379

10.REFERENCIAS

Acuña et al., 2023),
ADAPTATION FUND, 2025)
Adger, W. N. (2006). Vulnerability. Global Environmental Change, 16(3), 268-281. doi:10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006
Aguayo et al. (2021
Allard, P., Correa, J. I., & Sánchez, J. F. (2022). Parcelaciones rurales: Propuestas para el desarrollo de las subdivisiones rústicas en Chile (Edición digital N.º 623). Centro de Estudios Públicos.

Álvarez-Garreton, C., Boisier, J. P., Blanco, G., Billi, M., Nicolas-Artero, C., Maillet, A., Aldunce, P., Urrutia-Jalabert, R., Zambrano-Bigiarini, M., Guevara, G., Galleguillos, M., Muñoz, A., Christie, D., Marinao, R., and Garreaud, R. (2023). Seguridad hídrica en Chile: Caracterización y perspectivas de futuro (72 pp.). Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2). https://www.cr2.cl/seguridadhidrica

Arriagada, A., Bozkurt, D., and Rondanelli, R. (2022). Future changes in hydroclimate over central-southern Chile: Increased interanual variability and ENSO modulation. Climate Dynamics, 59(5–6), 1441–1461. https://doi.org/10.1007/s00382-021-06077-0

Barton, J., Pozo, R., Román, Á., & Salazar, A. (2013). Reestructuración urbana de un territorio glocalizado: Una caracterización del crecimiento orgánico en las ciudades de Chiloé, 1979–2008. Revista de Geografía Norte Grande, (56), 121–142. https://doi.org/10.4067/S0718-34022013000300007 BID, 2018)

BID (2015). Programa Multipropósito de agua potable y riego para los municipios de Batallas Bolivia. Disponible en: https://www.iadb.org/es/proyecto/BO-G1004

BID (2019). Acceso a servicios de agua y saneamiento en áreas rurales dispersas. Camino a la universalización. Nota Técnica N° IDB TN 01729

BID (2019). Prácticas y saberes en la gestión comunitaria del agua para consumo y saneamiento en las zonas rurales de Ecuador. Nota Técnica N° IDB TN 01799

BID (2022). Avance de la desinfección del agua en zonas urbanas y rurales en Belice. Disponible en: https://www.iadb.org/es/proyecto/BL-G1007

Boisier, J. P., Álvarez-Garreton, C., Cordero, R. R., Damiani, A., Gallardo, L., Garreaud, R. D., Lambert, F., Ramallo, C., Rojas, M., and Rondanelli, R. (2018). Anthropogenic drying in central-southern Chile evidenced by long-term observations and climate model simulations. Elementa: Science of the Anthropocene, 6, 74. https://doi.org/10.1525/elementa.417

Boisier, J. P. (2023). CR2MET: A high-resolution precipitation and temperatura dataset for the period 1960–2021 in continental Chile [Data set]. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.7529682

Braton et al. 2013).

Bustos, C., Ortega, R., and Molina, C. (2018). Gestión comunitaria y riesgos en sistemas de agua potable rural en América Latina: lecciones y desafíos. Revista Latinoamericana de Recursos Hídricos, 13(2), 45–60.

Bustos, E., Vargas, C., and Soto, C. (2018). Gestión de recursos hídricos en sistemas de agua potable rural en América Latina. Revista de Recursos Hídricos, 9(2), 45–59.

Cameira, M. D. R., & Santos Pereira, L. (2019). Innovation issues in water, agriculture and food. Water, 11(6), 1230.

Cardona, O. D., et al. (2012). Determinantes del riesgo: exposición y vulnerabilidad. En: Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático (SREX). IPCC.

Consejo Nacional de Desarrollo Urbano [CNDU]. (2018). Propuesta para implementar un sistema de planificación urbana integrada [Informe técnico]. 35 pp.

Consejo Nacional de Desarrollo Territorial [CNDU]. (2025). Diagnóstico para la actualización de la Política Nacional de Desarrollo Urbano CR2, 2017).

Delgado, L. E., Torres-Gómez, M., Tironi-Silva, A., and Marín, V. H. (2015). Estrategia de adaptación local al Cambio Climático para el acceso equitativo al agua en zonas rurales de Chile. Am. Lat. Hoy Rev. Cienc. Soc. 69, 113–137. doi:10.14201/alh201569113137

Dirección General de Aguas (DGA). (2022). Plan estratégico de gestión hídrica en las cuencas de las Islas Chiloé y circundantes [Informe técnico SIT 507].

Dirección General de Aguas [DGA] (2024). Resolución Exenta N° 4000: Manual de Normas y Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos. Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile.

Dirección de Obras Hidráulicas [DOH] (2019). Manual de Proyectos de Agua Potable Rural. Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile.

Duarte Vera, A. E., Vanhulst, J., and Letelier Araya, E. A. (2021). Tensiones de la gobernanza comunitaria de servicios sanitarios rurales en territorios periurbanos (Chile). Urbano (Concepción), 24(44), 112–121. https://doi.org/10.22320/07183607.2021.24.44.08

Environmental Protection Agency [EPA] (1997). State Source Water Assessment and Protection Programs Guidance(EPA 816-R-97-009). Office of Water, Washington D.C.

Falk, J., Globisch, B., Angelmahr, M., Schade, W., and Schenk-Mathes, H. (2022). Drinking water supply in rural África based on a mini-grid energy system—A socio-economic case

study for rural development. Sustainability, 14(15), 9458, https://doi.org/10.3390/su14159458
Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2016). Coping with wáter scarcity in agriculture: A global framework for action in a changing climate.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2016). The state of food and agriculture: Climate change, agricultura and food security.

Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2016). Gestión del riesgo en servicios de agua rurales en América Latina y el Caribe.

Foster, S. and Hirata, R. (1988). Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas: una metodología basada en datos existentes. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), OPS/OMS.

Foster, S.,Hirata, R. and Gomes, D. (2002). Protección de la calidad del agua subterránea: Guía para empresas de agua, autoridades sanitarias y agencias ambientales. Banco Mundial. https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/156321468137395982/

Foster, T., Rand, E. C., Kotra, K. K., Sami, E., and Willetts, J. (2021). Contending with wáter shortages in the Pacific: Performance of private rainwater tanks versus communal rainwater tanks in rural Vanuatu. Water Resources Research, 57(11), e2021WR030350. https://doi.org/10.1029/2021WR030350

Garreaud, R. D., Boisier, J. P., Rondanelli, R., Montecinos, A., Sepúlveda, H. H., and Veloso-Aguila, D. (2020). The central Chile megadrought (2010–2018): A climate dynamics perspective. International Journal of Climatology, 40 (1), 421–439. https://doi.org/10.1002/joc.6219

Gateño, F., Mendoza, P. A., Vásquez, N., Lagos-Zúñiga, M., Jiménez, H., Jerez, C., Vargas, X., Rubio-Álvarez, E., and Montserrat, S. (2024). Screening CMIP6 models for Chile based on past performance and code genealogy. Climatic Change, 177(6), 87. https://doi.org/10.1007/s10584-024-03564-z

Gonzalez et al., 2025);
Hearne & Donoso, 2014;

HOMSI y Asociados, 2007;

International Energy Agency [IEA]. (2024). Climate resilience in Chile's energy and wáter sectors.

Instituto Nacional de Normalización [INN] (2005). NCh409/1: Agua potable - Parte 1: Requisitos. Santiago, Chile.

IPCC (2014). Cambio Climático 2014: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al Quinto Informe de Evaluación. Anexo II: Glosario. Editors Agard, J., E.L.F. Schipper, J. Birkmann, M. Campos, C. Dubeux, et al.

IPCC (2022). Climate Change 2022: mpacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report. Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, et al. (eds.)]. In: Cambridge University Press.

IPCC (2021). Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009157896.

Latoja, D., Lillo-Saavedra, M., Gonzalo-Martin, C., Godoy-Faúndez, A., Somos-Valenzuela, M., and Rivera, D. (2024). Decadal variability of dry days in central Chile. Earth Systems and Environment, 1–18. https://doi.org/10.1007/s41748-024-00454-6
Latoja et al., 2025).
Liu, D., Tian, F., Lin, M., and Sivapalan, M. (2015). A conceptual socio-hydrological model of the co-evolution of humans and water: Case study of the Tarim River basin, western China. Hydrology and Earth System Sciences, 19, 1035–1054. https://doi.org/10.5194/hess-19-1035-2015
Martín-Dato, A., Pérez, J., López-Cózar, J., Rubial-Fernández, M.-J., Valderrama, F., Martín, M., Díaz, D., Velasco-Posada, A., Sabater, M., Gismero, E., Hernández-Crespo, C., (2023). Treatment wetlands in Embera indigenous communities (Colombia), are they Nature-based Solutions?, Nature-Based Solutions, 4, https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2023.100074.
Martínez-Retureta, R., Aguayo, M., Stehr, A., Sauvage, S., Echeverría, C., and Sánchez-Pérez, J. M. (2020). Effect of land use/cover change on the hydrological response of a southern center basin of Chile. Water, 12(1), 302. https://doi.org/10.3390/w12010302
McKee, T. B., Doesken, N. J., and Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Eighth Conference on Applied Climatology, Anaheim, CA.

Miao, R. (2020). Climate, insurance and innovation: The case of drought and innovations in drought-tolerant traits in US agriculture. European Review of Agricultural Economics, 47(5), 1826-1860. https://doi.org/10.1093/erae/jbaa010

Milly, P. C. D., Betancourt, J.,Falkenmark, M., Hirsch, R. M., Zbigniew, W., Lettenmaier, D. P., et al. (2015). On critiques of "stationarity is dead: whither water management?". Water Resour. Res. 51, 7785–7789. doi:10.1002/2015WR017408

Minatta, A., and Basani, M. (2020). Innovation in Water, Sanitation, and Solid Waste: Assessment, Perspectives, and Opportunities for Latin America and the Caribbean. https://doi.org/10.18235/0002514

Ministerio del Medio Ambiente. (2020). Atlas de riesgo climático para Chile (ARCLIM). Gobierno de Chile. https://arclim.mma.gob.cl

MOP, 2023

Nicolas-Artero, C., and Blanco, G. (2024). Propuesta de un indicador para estudiar la seguridad hídrica en la interfaz doméstica-comunitaria de áreas rurales chilenas. EURE (Santiago), 50(151), 1–25. https://doi.org/10.7764/EURE.50.151.01

Núñez, J., Rivera, D., Oyarzún, R., and Arumí, J. L. (2014). On the use of standardized drought índices under decadal climate variability: Critical assessment and drought policy implications. Journal of Hydrology, 517, 458–470. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.05.062

Ocampo-Melgar, A., Barria, P., Chadwick, C., and Diaz-Vasconcellos, R. (2022). Rural transformation and differential vulnerability: Exploring adaptation strategies to water scarcity in the Aculeo Lake basin (Chile). Frontiers in Environmental Science, 10, 955023. https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.955023

Olmo, M. E., Bettolli, M. L., and Balmaceda-Huarte, R. (2023). Model uncertainty in synoptic circulation patterns and precipitation changes in southern South America using CMIP5 and CMIP6 models. Climatic Change, 176(12), 171. https://doi.org/10.1007/s10584-023-03516-7

Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2012). Guía del usuario sobre el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) (WMO-No. 1090). OMM.

Organización Mundial de Salud (OMS). (2011). Water safety plan manual: Step-by-step risk management for drinking-water suppliers. World Health Organization. https://apps.who.int/iris/handle/10665/75141

Opti, 2025a)
Opti, 2025d),
Ortega, L., Pizarro, R., and Fuster, R. (2021). Resiliencia y gestión adaptativa en sistemas rurales de agua potable: Experiencias en Chile central. Agua y Territorio, 17, 145–162.
Ortega, R., Álvarez, J., and Villalobos, P. (2021). Vulnerabilidad y adaptación en sistemas de agua potable rural frente al Cambio Climático en los Andes. Water International, 46(5), 721–737. https://doi.org/10.1080/02508060.2021.1934567
Ovies Vásquez, D. E. (2022). Pros y contras de la nueva ley de servicios sanitarios rurales, desde un enfoque técnico y práctico aplicado al caso de APRs de la provincia de Limarí [Memoria de título, Universidad de La Serena]. Page et al., 2021),
Palomeque L., G., Quevedo P., D., León C., Y., and Ortiz G., T. (2025). Análisis del desempeño hidráulico y calidad del agua en juntas administradoras de agua potable de Guapán, Azogues – Ecuador. South Florida Journal of Development, 6(8), e5653. https://doi.org/10.46932/sfjdv6n8-007
Ramírez, E., Modrego, F., Macé, J. C., and Yáñez, R. (2009). Dinámicas territoriales en Chiloé: La fuerza de las coaliciones extraterritoriales (Documento de Trabajo N.º 54). Programa Dinámicas Territoriales Rurales, RIMISP – Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural.

Richardson et al., 1995),
Rivera, J. A. and Arnould, G. (2020). Evaluation of the ability of CMIP6 models to simulate precipitation over southwestern South America: Climatic features and long-term trends (1901–2014). Atmospheric Research, 241, 104953. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.104953
Rivera et al., 2009),
Román, Á., Barton, J. R., Bustos, B., and Salazar, A. (2015). Revolución salmonera: Paradojas y transformaciones territoriales en Chiloé. Colección Estudios Urbanos UC, RIL editores.

RUMBAYAN et al.,2025
Salazar, Á., Thatcher, M., Goubanova, K., Bernal, P., Gutiérrez, J., and Squeo, F. (2024). CMIP6 precipitation and temperatura projections for Chile. Climate Dynamics, 62(3), 2475–2498. https://doi.org/10.1007/s00382-023-06835-w

Schuster Olbrich, J. P., and Tapia Valencia, F. (2017). El modelo de gestión comunitaria del agua potable rural en Chile: Contexto institucional, normativo e intenciones de reforma. Foro Jurídico PUCP, (16), 110–120. https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/forojuridico/article/view/19865

Superintendencia de Servicios Sanitarios [SISS]. (2022). Informe de Gestión y Fiscalización de los Servicios Sanitarios Rurales: Desafíos en la implementación de la Ley N° 20.998. Santiago, Chile: Gobierno de Chile. Recuperado de https://www.siss.gob.cl

Smith et al., 2014
SOUSA et al.; 2024
Universidad de los Andes, 2009
Walsh, R. P. D., and Lawler, D. M. (1981). Rainfall seasonality: Description, spatial patterns and change through time. Weather, 36(7), 201–208. https://doi.org/10.1002/j.1477-8696.1981.tb05524.x
Wilhite, D. A., and Glantz, M. H. (1985). Understanding: The drought phenomenon: The role of definitions. Water International, 10(3), 111–120. https://doi.org/10.1080/02508068508686328

REFERENCIAS PILOTO

[i] Revisar bases bibliográficas como el “Plan estratégico de gestión hídrica en las cuencas de las Islas Chiloé y circundantes” (DGA, 2022), el “Manual de Proyectos de Agua Potable Rural” (DOH, 2019), el estudio sobre “Propuesta de un indicador para estudiar la seguridad hídrica en la interfaz doméstica-comunitaria de áreas rurales chilenas” (Artero y Blanco, 2024),

ii Revisar bases bibliográficas como el “Plan estratégico de gestión hídrica en las cuencas de las Islas Chiloé y circundantes” (DGA, 2022), el “Manual de Proyectos de Agua Potable Rural” (DOH, 2019), el estudio sobre “Propuesta de un indicador para estudiar la seguridad hídrica en la interfaz doméstica-comunitaria de áreas rurales chilenas” (Artero y Blanco, 2024), entre otros que están referidos en la Informe Final; “Análisis para la aplicación de medidas de adaptación al cambio climático en contexto de sequía en SSR de la Isla Grande de Chiloé” (UDD, 2026).

iii Revisar la metodología en el Manual de Estrategias de Manejo de Bosques Ribereños y de Quebradas (CONAF/FORECOS, FIBN 020/2016).

iv Ver estudio FRENE, Cristián et al. Escasez de agua en Chiloé: Red Participativa de Agua como solución para el sector rural. Rev. geogr. Norte Gd. [online]. 2022, n.82 [citado 2026-04-27], pp.375-

396. Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022022000200375&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0718-3402. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022022000200375.

v Ver proyecto Aliados por el Agua – María Pinto y Curacaví (Fundación Avina / EH2030 / Coca-Cola Foundation) https://escenarioshidricos.cl/noticia/buscamos-contribuir-al-suministro-de-agua-en-tres-comunidades-rurales-de-la-region-metropolitana/

vi Tres referentes locales/nacionales con trabajo demostrable son: (a) Estación Biológica Senda Darwin (Chiloé), con experiencia en CAPR/SSR y diagnóstico hídrico insular; (b) Fundación FORECOS (Valdivia), en restauración ribereña; (c) Escenarios Hídricos 2030 / Fundación Chile, que cuenta con una metodología consolidada de portafolio de SbN y ha implementado pilotos de APR/SbN en María Pinto y Curacaví.

vii Revisar proyectos: Parque de las Aguas en Jardín Botánico Viña del Mar (30 km de zanjas, 200.000 m³/año) y la Guía CNR-CSIRO 2020 de Recarga de Acuíferos Gestionada; para control ribereño y reforestación, los protocolos FORECOS/CONAF y el Plan Siembra por Chile (CONAF); para SbN integradas, el caso María Pinto-Curacaví (Aliados por el Agua / Fundación Avina / EH2030), que es el análogo más directo de APR-SbN-financiamiento mixto.

viii Revisar Plan Siembra por Chile: https://www.conaf.cl/manejo-de-ecosistemas/bosque-nativo/plan-siembra-por-chile-programa-de-restauracion-de-bosques-nativos-a-gran-escala/

ix Revisar los programas a continuación mencionados como potenciales vías de financiamiento: (a) Programa Transición Hídrica Justa (BM-MOP-MMA, USD 250M); (b) Plan Siembra por Chile - CONAF (para componente reforestación); (c) Fondo de Investigación de Bosque Nativo - CONAF (para componentes de diagnóstico y restauración ribereña); (d) Fondo de Protección Ambiental - MMA; (e) FNDR Los Lagos con componente ambiental; (f) cooperación internacional vía BID dado que el estudio matriz lo licitó esa institución.

[x] https://www.delongtop.com/es/product/28kwh-battery-energy-storage-system-delong/

xi Revisar el Fondo de Acceso a la Energía (FAE) del Ministerio de Energía. Hay casos exitosos como el APR Cunlagua (Salamanca) con 800 arranques operando con FAE estable desde post-terremoto 2015, y CAPR 'El Esfuerzo' en Buenos Aires de Portezuelo (FAE 2024).

xii https://www.chileatiende.gob.cl/fichas/36666-fondo-de-acceso-a-la-energia-fae

N.º de proceso de selección: CH-R1020-P002



Ministerio de Obras Públicas
Dirección General de Obras Públicas

BID Banco Interamericano de Desarrollo

Universidad del Desarrollo

ARCADIS

C/A Center for Climate Adaptation Pratt