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 DE AVANCE N°2
ETAPA DE CARACTERIZACIÓN

Universidad del Desarrollo

ARCADIS

TABLA DE CONTENIDOS

1. ANTECEDENTES 7
1.1. OBJETIVO GENERAL 7
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 7
2. MARCO CONCEPTUAL DEL PROYECTO EN RELACIÓN CON RIESGOS CLIMÁTICOS EN TERRITORIOS INSULARES E CHILE Y SEGURIDAD HÍDRICA RURAL 10
3. CARACTERIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD CLIMÁTICA DE LA ISLA GRANDE DE CHILOÉ 12
3.1. CARACTERIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD CLIMÁTICA Y ESCASEZ HÍDRICA QUE ENFRENTA LA ISLA GRANDE DE CHILOÉ 12
3.1.1. ANÁLISIS HISTÓRICO 14
3.1.2. ANÁLISIS DE FORZANTES CLIMÁTICOS Y ESCENARIOS FUTUROS 19
3.1.3. BALANCE HIDROLÓGICO SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEO 33
3.1.4. INDICADORES DE CAMBIO CLIMÁTICO 40
3.2. ANALISIS PROSPECTIVO DEL TERRITORIO EN LA ISLA GRANDE DE CHILOÉ 54
3.2.1. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO 54
3.2.2. INVERSIÓN PÚBLICA 64
3.2.3. ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL 70
3.2.4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ANÁLISIS TERRITORIAL 74
3.3. CARACTERIZACIÓN DE SSR EN ISLA GRANDE CHILOE: 74
3.3.1. MARCO REGULATORIO APLICABLE A LOS SSR Y CONTEXTO HISTÓRICO 75
3.3.2. GOBERNANZA HÍDRICA EN LA ISLA GRANDE DE CHILOÉ 78
3.3.3. GESTIÓN DEL RECUSO HÍDRICO 82
3.3.4. RELACIÓN ESPACIAL DEL LOS SSR Y SUS PUNTOS DE CAPTACIÓN DE AGUA C0N LA DISTRIBUCIÓN POBLACIONAL 86
3.3.5. MODELO SOCIO-HIDROLÓGICO DE PARA LA ISLA GRANDE DE CHILOÉ 93
4. PROPUESTA DE AREA DE ESTUDIO: 98
4.1. METODOLOGÍA 98
4.2. CRITERIOS HIDRO-CLIMÁTICOS PARA LA DEFINICIÓN DE ÁREA DE ESTUDIO 98
4.3. ANÁLISIS PROSPECTIVO DEL TERRITORIO 99
4.4. CRITERIOS A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SSR DE LA ISLA GRANDE DE CHILOÉ 100
4.5. PROPUESTA DE ÁREA DE ESTUDIO 100
4.6. ACUERDO ÁREA DE ESTUDIO CON LA CONTRAPARTE: 102
5. INDICADORES DE VULNERABILIDAD Y RIESGLO CLIMATICO APLICADOS A LOS SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO: 105
6. REFERENCIAS 109
7. ANEXOS 111
7.1. ANÁLISIS EXPLORATORIO DE BASES DE DATOS 111

7.1.1. CATASTRO PÚBLICO DE DAA DE LA REGIÓN LOS LAGOS 112
7.1.2. ANÁLISIS COMPARATIVO BD DOH-REGIONAL Y DOH-CENTRAL 112
7.1.3. LISTADO DE MODELOS CIMP6 DISPONIBLES EN EL EXPLORADOR DE AMENAZAS DE ARCLIM. 114

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujo metodológico para definición de condiciones históricas, comparación de salidas CIMP6 e indicadores de cambio de amenaza climática desde el Explorador de Amenazas de ARCLim. El diagrama de flujo para ARCLim está adaptada de la 12
Figura 2. Precipitación anual promedio según década. Los puntos azules indican los SSR con fecha de registro indicada en la base de datos provista por la contraparte. 16
Figura 3. Precipitación estacional promedio según década. Fuente: Datos de CR2MET. 17
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 18
Figura 5. Estacionalidad promedio según Walsh and Lawler (1981). Los puntos azules corresponden a los SRR incluidos en la base de datos provista por la contraparte 18
Figura 6. 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. 20
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 Piuchen. Fuente: Datos de ARClim 20
Figura 8. 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 Chepu. 21
Figura 9. 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 Castro. 21
Figura 10. 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 Huillinco. 22
Figura 11. 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 Quellón 22
Figura 12. Comparación de series de precipitación observada, series simuladas de los modelos luego de la corrección de sesgo usando mapeo de cuartiles. Se reconoce el uso del paquete climQMBC para MATLAB. ..... ¡Error! Marcador no definido.
Figura 13. 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 periodo futuro (2035-2065) de las salidas de los modelos en el escenario SSP8-5.5 y SSP2-4.5 ajustadas. SHAC Ancud. Fuente: Explorador de amenazas ARClim 25
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 periodo futuro (2035-2065) de las salidas de los modelos en el escenario SSP8-5.5 y SSP2-4.5 ajustadas. SHAC Piuchen. Fuente: Explorador de amenazas ARClim. 26

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 periodo futuro (2035-2065) de las salidas de los modelos en el escenario SSP8-5.5 y SSP2-4.5 ajustadas. SHAC Chepu. Fuente: Explorador de amenazas ARClim 27
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 periodo futuro (2035-2065) de las salidas de los modelos en el escenario SSP8-5.5 y SSP2-4.5 ajustadas. SHAC Castro. Fuente: Explorador de amenazas ARClim. 28
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 periodo futuro (2035-2065) de las salidas de los modelos en el escenario SSP8-5.5 y SSP2-4.5 ajustadas. SHAC Huillinco. Fuente: Explorador de amenazas ARClim..... 29
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 periodo futuro (2035-2065) de las salidas de los modelos en el escenario SSP8-5.5 y SSP2-4.5 ajustadas. SHAC Quellón. Fuente: Explorador de amenazas ARClim. 30
Figura 19. Comparación de variabilidad intra-SHAC de las series simuladas de los modelos CIMP6 para el periodo histórico 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 20. Comparación de series de tiempo de Precipitación Mensual, Índice de Estacionalidad, SPI-12 y SPI 3 de las series simuladas de los modelos CIMP6 en el escenario SSP8.5 para el SHAC Ancud. Fuente: Datos de ARClim. 33
Figura 21. Series de tiempo de los componentes del balance superficial para el periodo histórico 1986-2020 y futuro 2021-2060. La línea punteada corresponde a simulaciones de condiciones futuras. Fuente: Datos de DGA (2022). 35
Figura 22. Series de tiempo de los componentes del balance superficial para el periodo histórico 1986-2020 y futuro 2021-2060 para los 4 escenarios de gestión propuestos en el estudio DGA (2022)..... 36
Figura 23. Caudal entrante a humedales para el periodo histórico 1986-2020 y futuro 20212060 para los 4 escenarios de gestión propuestos en el estudio DGA (2022) en cada uno de los humedales (marismas herbáceos, ñadis herbáceos y arbustivos, otros terrenos húmedos, bofedales, turberas, vegas y vegetación en ríos) identificados en el estudio DGA (2022). Fuente: Datos de DGA (2022) 37
Figura 24. Comparación de los componentes del balance superficial para el periodo histórico 1986-2020 y futuro 2021-2060 para los 4 escenarios de gestión propuestos en el estudio DGA (2022) en cada uno de los SHAC Isla de Chiloé. E se refiere a entradas al sistema y S corresponde a salidas del sistema. .. 38
Figura 25.Comparación de cambio en Temperatura Media según estación (invierno y verano) y periodo (actual y futuro). Fuente: Datos de ARClim 42
Figura 26.Comparación de cambio en Días de Verano (T> 25°C) según estación (invierno y verano) y periodo (actual y futuro). Fuente: Datos de ARClim. 43
Figura 27. Comparación de cambio en Días Cálidos (T>p90) según estación (invierno y verano) y periodo (actual y futuro). Fuente: Datos de ARClim. 44
Figura 28. Comparación de Precipitación acumulada según estación (invierno y verano) y periodo (actual y futuro). Fuente: Datos de ARClim. 45
Figura 29. Comparación de cambio en días secos consecutivos según estación (invierno y verano) y periodo (actual y futuro). Fuente: Datos de ARClim. 46

Figura 30. Comparación de cambio Frecuencia de Periodos de Sequía (porcentaje respecto del periodo base 1980-2019) según estación (invierno y verano) y periodo (actual y futuro). Fuente: Datos de ARClim. 47
Figura 31. 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: Datos de ARClim. 48
Figura 32. Comparación de cambio en precipitación mensual por periodo (actual y futuro). Fuente: Datos de ARClim. 49
Figura 33. Comparación de cambio en precipitación mensual para el trimestre julio-septiembre para el periodo (actual y futuro). Fuente: Datos de ARClim. 52
Figura 34. Comparación de cambio en precipitación mensual para el trimestre julio-septiembre para el periodo (actual y futuro). Fuente: Códigos propios, a partir de Datos de ARClim. 53
Figura 35. Macrozonas de análisis poblacional. 56
Figura 36. Cobertura de bosques nativos (verde oscuro) y humedales, turberas, ñadis, suelos anegados sensu lato; y el perímetro de las áreas protegidas público y privadas en la Isla Grande de Chiloé (destacado en rojo) 58
Figura 37. “Huella Impermeable” construida en la Isla Grande de Chiloé (Sentinel-2 2017-2024) 60
Figura 38. Representación gráfica de número de proyectos por comuna y monto de inversión por comuna. 66
Figura 39. Esquematización de la cartografía que representa las inversiones proyectadas para la Isla Grande de Chiloé. –..... 67
Figura 40. Organigrama institucional de la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales..... 78
Figura 41. Organigrama del Consejo Consultivo Nacional - Fuente: Elaboración propia. 79
Figura 42. Distribución de las 92 SSR entre las siete comunas de la Isla Grande de Chiloé 80
Figura 43. Distribución de las SSR en la Isla Grande de Chiloé reflejando antigüedad, mayor intensidad del círculo rojo, más antiguas. 81
Figura 44. Comparación entre volúmenes promedios anuales (L/s) entre Caudal Ecológico, Uso Consuntivo y Uso No Consuntivo por comuna, en la Isla Grande de Chiloé..... 84
Figura 45. Proporción de derechos de aprovechamiento de aguas “no consuntivas” según su uso..... 85
Figura 46. Proporción de derechos de aprovechamiento de aguas “consuntivos” según su uso..... 86
Figura 47. 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 circunferencias amarillas y verdes indican número de DAA dentro del perímetro. 87
Figura 48. Representación cartográfica de arranques por SSR, círculos celestes (a 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..... 89
Figura 49. Distribución del número total de SSR por comuna que se abastecen por fuentes subterráneas, superficiales o ambas. 90
Figura 50. Derechos de agua (L/s) otorgados a SSR/APR por comuna y tipo de fuente de agua..... 91
Figura 51. Curva de acumulación de sistemas sanitarios (APR y SSR) desde 1980 a la fecha para la Isla Grande de Chiloé..... 92
Figura 52. Curva de acumulación de sistemas sanitarios (APR y SSR) desde 1980 a la fecha para la Isla Grande de Chiloé, segregada por comuna. 92

Figura 53. Modelo Socio-hidrológico, compuesto por los subsistemas B) Subsistema 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, cuerpos normativos y criterio de expertos..... 94
Figura 54. Subsistema de Servicios Ecosistémicos de Provisión de Agua. Fuente: Elaboración Propia. Todas las relaciones expuestas se han recogido de la bibliografía, cuerpos normativos y criterio de expertos..... 95
Figura 55. Subsistema de Gestión Institucional Hídrica. Fuente: Elaboración Propia. Todas las relaciones expuestas se han recogido de la bibliografía, cuerpos normativos y criterio de expertos. 96
Figura 56. Subsistema SSR. Fuente: Elaboración Propia. Todas las relaciones expuestas se han recogido de la bibliografía, cuerpos normativos y criterio de expertos..... 97
Figura 57. Gráfico de cajas mostrando dispersión de valores del “Caudal Anual Prom L/s” para uso No Consuntivo. 112

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Regímenes de estacionalidad, interpretación de valores del Índice de Estacionalidad (Walsh & Lawler 1981). 15
Tabla 2. Resumen de resultados y conclusiones presentados en DGA (2022) 39
Tabla 3. Síntesis comparativa de información Censal en base a datos obtenidos de Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y Biblioteca del Congreso Nacional 55
Tabla 4. Número de proyectos de infraestructura por comuna (descontadas las comunas Islas; Puqueldón, Curaco de Vélez y Quinchao) 65
Tabla 5. Monto de los proyectos de inversión por sector y por comuna 66
Tabla 6. Proyectos (ejecución) 2015-2025 en el sector Recursos Hídricos, Isla Grande de Chiloé. Fuente. Elaboración propia en base a data SNI 69
Tabla 7. Resumen por comuna - Monto total de inversión 2015-2025 en ejecución de proyectos en el sector Recursos Hídricos, Isla Grande de Chiloé. Fuente. Elaboración propia en base a data SNI. 70
Tabla 8. Principales instrumentos normativos que regulan el suministro de agua potable a la ciudadanía 75
Tabla 9. Derechos de Aprovechamiento de Agua (DAA) por comuna en la provincia de Chiloé 82
Tabla 10. Derechos de Aprovechamiento de Agua (DAA) por comuna en la provincia de Chiloé, desglosados por Tipo de Derecho. 83

1. ANTECEDENTES

El Cambio Climático (CC) que afecta a Chile, está teniendo impactos evidentes en gran parte del territorio nacional. Puntualmente en las zonas insulares, la reducción de precipitaciones, sumada a la falta de infraestructura para captación y almacenamiento del recurso hídrico, ha generado dificultades para los Servicios Sanitarios Rurales (SSR) para proveer soluciones de agua potable rural y saneamiento.

Frente a esta situación, el Ministerio de Obras Públicas declaró en marzo de 2024 el Decreto N° 25 de Escasez Hídrica para la provincia de Chiloé, prorrogado en marzo de 2025 por el Decreto MOP N° 47. De esta manera, la legislación permite disponer de medidas de protección del recurso hídrico y fortalecimiento de las acciones que persiguen asegurar la dotación de agua potable en zonas rurales.

Es en ese contexto es que resulta necesario fortalecer las capacidades de adaptación de los SSR de la Isla Grande de Chiloé. Esto implica medidas de mejoramiento de la infraestructura existente, proyección de nueva infraestructura para SSR, gestión y capacitación comunitaria, registro de operadores y desarrollo de proyectos de saneamiento, por parte de la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales (SSSR).

El estudio “Análisis para aplicación de medidas de adaptación al Cambio Climático en contexto de sequía en Servicios Sanitarios Rurales de la Isla Grande de Chiloé”, licitado por el BID y el MOP fue adjudicado a la Universidad del Desarrollo, que elaboró una propuesta con foco en la interdisciplina, la investigación aplicada y el desarrollo de propuestas y soluciones innovadoras, creando un equipo interfacultades con los académicos de mayor experiencia en cada uno de temas que confluyen en el proyecto.

1.1. 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.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

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 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 generación de capacidades y propuesta de mejoras en infraestructura, gobernanza y gestión.
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).

Los compromisos del presente informe correspondiente a la Etapa 2 son:
La segunda etapa del proyecto tiene seis objetivos principales; ***Caracterizar la vulnerabilidad climática y escasez hídrica que enfrenta la Isla Grande de Chiloé (4.2.1.)***, a partir de los antecedentes recabados en la etapa anterior, considerando a su vez un análisis sobre la normativa vigente de los SSR. Para el análisis de forzantes de clima se usarán las salidas de los modelos CMIP6 bajo los escenarios *Shared Socioeconomic Pathways* (SSPs). Para el análisis histórico se usarán datos grillados desde CR2MET y estaciones meteorológicas como validación. La construcción de indicadores de seguridad hídrica en zonas rurales requiere el uso de indicadores compuestos que combinen aspectos climáticos (e.g. precipitación y temperatura), hidrológicos (caudales, niveles de aguas subterráneas), de uso de agua (derechos de aprovechamiento de aguas superficiales y subterráneas, tanto solicitados como otorgados) y de capacidades (e.g. estado de los SSR, capacidades de las municipalidades). Considerando que la vulnerabilidad está dada por otros aspectos que no necesariamente son climáticos, se propone incluir aspectos de calidad de agua en los servicios, calidad de servicio, estabilidad de servicio y condiciones de infraestructura de acuerdo con lo planteado en el Manual SIMOL[1], UDEC (2021). A partir de los antecedentes recopilados en los terrenos, así como una encuesta, se generará un modelo sociohidrológico que permita identificar los factores forzantes y las variables claves que afectan las dinámicas de cambio de los recursos.

Este estudio se realizó en paralelo a un ***Análisis de Prospectiva Territorial (4.2.2.)***, que integrará en una plataforma SIG los proyectos de infraestructura en curso y los proyectos, políticas e inversiones que se están planificando en la Isla Grande de Chiloé, considerando las carteras sectoriales MOP, MINVU, los principales proyectos FNDR, las carteras municipales y las principales inversiones privadas que sea posible identificar. En base a este mapeo integrado de proyectos se identificaron las zonas que concentran cambios significativos en sus dinámicas de desarrollo, ya que en ellas se podría anticipar un aumento de las demandas de agua para consumo humano e industrial. Se analizaron los cambios demográficos a través de datos intercensales y la variación de los usos de suelo y crecimiento de las zonas habitadas a través del análisis de imágenes satelitales, para identificar las áreas de la Isla que han concentrado nuevas edificaciones, en busca de patrones de desarrollo y de zonas que tenderían a concentrar nuevas demandas hídricas.[2]

A partir de las bases de datos entregadas por la contraparte, así como antecedentes bibliográficos de literatura gris y corriente principal, se realizó una ***Caracterización SSR de la Isla Grande de Chiloé (4.2.3.).*** Para efectos de esta caracterización, se está trabajando un modelo socio hidrológico, aplicando

[1] Sistema de Monitoreo Local del Agua (SIMOL)
[2] ESRI Sentinel-2 Land Cover Explorer (https://livingatlas.arcgis.com/landcoverexplorer/#mapCenter=-74.00912%2C-42.60013%2C8.969105703958107&mode=step&timeExtent=2017%2C2024&month=9&renderingRule=0&year=2017&landCover=Built+Area)

el método de diagrama de bucle causal (Liu et al., 2015). La propuesta preliminar del modelo considera tres sistemas anidados jerárquicamente de la siguiente forma: el primer ciclo corresponde al ciclo hidrológico, el cual da cuenta del marco ambiental y climático en el cual se desarrollan las actividades humanas en la Isla Grande de Chiloé; luego un sistema o ciclo institucional –regulatorio que da cuenta del marco normativo en el cual se deben atener las administraciones de las SSR; y finalmente el sistema más local correspondiente a la gestión y administración propia de un SSR. En una primera etapa, y correspondiente a la presente entrega, se ha realizado una revisión en gabinete para cada uno de estos tres niveles jerárquicos, a partir de la cual se construyó el modelo conceptual final del sistema sociohidrológico de la Isla Grande de Chiloé. Finalmente se realizó un análisis exploratorio de las bases de datos de SSR entregadas por la contraparte, para identificar potenciales candidatos para el área de estudio.

A partir de conversaciones sostenidas con la contraparte, se planteó integrar todas las variables forzantes de este modelo sociohidrológico y que finalmente dan cuenta de la vulnerabilidad hídrica de la Isla, a través de un análisis de lógica difusa.[3] Este ejercicio permitirá generar mapas de vulnerabilidad hídrica para toda la Isla, los cuales serán validados a partir de la percepción de la población chilota insular, a través de una encuesta masiva. Dado que esta solicitud es un complemento a lo comprometido inicialmente, que puede ser realizado por el equipo de la UDD, se accedió a este ejercicio; sin embargo, su entrega final quedará sujeta a la finalización de la aplicación de la encuesta, aproximadamente a finales de agosto – septiembre.

Se entrega una ***Propuesta de Área de Estudio (4.2.4.)***, que sea representativa de los principales desafíos que enfrenta la Provincia en materia de vulnerabilidad climática y resiliencia hídrica, y su impacto sobre los Servicios Sanitarios Rurales. Para la definición de dicha área de estudio, se trabajó una metodología de jerarquización a partir de la información levantada como es la oferta y demanda, tendencias climáticas y proyección de dinámicas territoriales y demográficas a partir de las carteras de proyectos de infraestructura, y otras variables claves identificadas a partir del modelo socio hidrológico, así como los requerimientos levantados por la contraparte durante las reuniones. Se apuntó a identificar áreas críticas o ad-portas de una transformación relevante y de interés para la contraparte.

---

3 Fuzzy Logic ha sido usada sobre otros métodos de superposición ponderada para representaciones más realistas de fenómenos espaciales continuos, se ha usado en mediciones hidrológicas, y permite gestionar recursos bajo condiciones de incertidumbre. Además, permite la incorporación de percepción comunitaria y stakeholders locales.
Las variables socio-hidrológicas en contextos insulares podrían ser más imprecisas. Fuzzy Logic usa menos variables, hay transición gradual maneja incertidumbre. Análisis multicriterio puede ser menos flexible ante incertidumbre, y otros métodos pueden ser complementarios.
Massone, H. et al. (2020). Aplicación de lógica difusa en la evaluación de vulnerabilidad del agua subterránea
Shrestha, R.R. & Simonovic, S.P. (2009). A Fuzzy Set Theory Based Methodology for Analysis of Uncertainties in Stage-Discharge Measurements

Finalmente, en relación con la definición de ***Indicadores de Vulnerabilidad y Riesgo Climático aplicados a los SSR (4.2.5.)*** se tomó como referencia el indicador de Seguridad Hídrica Doméstica Rural y el análisis de otros enfoques propuestos en la literatura, que permiten identificar y cuantificar los riesgos a los que se enfrenta el área de estudio, sus servicios de agua potable y saneamiento (si los hay) y las comunidades vinculadas (Álvarez – Garretón et al. 2023) No obstante, dado que no se ha definido aún el área de estudio definitiva, solo se presentan los indicadores que se aplicarían a dicha área. Adicionalmente, se elaboraron ***Mapas de Riesgo Climático para el área de estudio propuesta (4.2.6.)***, que den cuenta de manera detallada y con proyección en el tiempo, de los principales desafíos que enfrentan dichos SSR en materia de resiliencia al CC.

En lo principal, nuestra propuesta considera tres elementos diferenciadores en la construcción de indicadores:
(1) El uso de datos a nivel mensual permite analizar los cambios estacionales que pueden estar ocultos en indicadores anuales.
(2) La construcción de indicadores compuestos usando métodos de levantamiento de datos validados en campo.
(3) Entrega de datos y herramientas de análisis de acceso público.

2. MARCO CONCEPTUAL DEL PROYECTO EN RELACIÓN CON RIESGOS CLIMÁTICOS EN TERRITORIOS INSULARES E CHILE Y SEGURIDAD HÍDRICA RURAL

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 la propagación de los forzantes en el sistema socio-eco-hidrológico. La disminución proyectada de la precipitación, el aumento de temperaturas y la mayor frecuencia de eventos extremos representan amenazas directas a la disponibilidad y estabilidad del recurso hídrico, especialmente en zonas rurales abastecidas por Servicios Sanitarios Rurales (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, **exposición** creciente a las amenazas en determinados territorios, y condiciones de **vulnerabilidad y capacidad adaptativa** que requieren mejoras para mitigar y adaptarse a un futuro cercano con mayor riesgo.

Para caracterizar la amenaza climática, se presenta 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), todo parte del conjunto CMIP6 desde la plataforma Copernicus. 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. 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 constituye la base para los análisis posteriores de riesgo y vulnerabilidad hídrica.

En este contexto, el Atlas de Riesgo Climático de Chile (ARClim) es considerado un referente metodológico complementario, especialmente útil en la comparación de tendencias, escalas espaciales mayores y para contrastar escenarios climáticos proyectados. ARClim aplica una corrección estadística (Quantile-Quantile) 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 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 –parte de los componentes 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) permite diagnosticar capacidades comunitarias para garantizar el acceso al agua potable en cantidad, calidad y continuidad adecuadas. Este enfoque reconoce que la seguridad hídrica no se define 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 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.

3. CARACTERIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD CLIMÁTICA DE LA ISLA GRANDE DE CHILOÉ

3.1. CARACTERIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD CLIMÁTICA Y ESCASEZ HÍDRICA QUE ENFRENTA LA ISLA GRANDE DE CHILOÉ

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. La Figura 1 presenta un resumen del flujo metodológico seguido en este apartado. Además, por completitud, se presenta el diagrama de flujo metodológico para las salidas del Explorador de Amenazas de ARClim. El diagrama de flujo para ARCLim está adaptada de la documentación provista en dicho explorador[4].

Figura 1. Flujo metodológico para definición de condiciones históricas, comparación de salidas CIMP6 e indicadores de cambio de amenaza climática desde el Explorador de Amenazas de ARCLim.

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

Futuro cercano 2035-2065
Copernicus Data store
CR2METv2.5
Explorador Amenazas ARClim
Descarga salidas CIMP6 SSP5-8.5 SSP2-4.5
N modelos = 9
N ensemble members=42
Descarga salidas CIMP6 SSP5-8.5
Gateño et al. (2024)
BCC-CSM2-MR, CMCC-CM2-SR5, GFDL-ESM4
INM-CM4-8, INM-CM5, MRI-ESM2
n=6
Extracción píxel representativo por SCHAC
Ancud, Castro, Piuchén, Chepu, Huillinco, Quellón
n=6
Adecuación salidas por SHAC
Ancud, Castro, Piuchén, Chepu, Huillinco, Quellón
n=6
Comparación CIMP6 vs. CR2MET
Correlacion, Eficiencia de Nash-Suttclife (NSE), Función empirica de frecuencia acumulada (ecdf)
Figura 5
Comparación ARClim vs. CR2MET
Correlacion, Eficiencia de Nash-Suttclife (NSE), Función empirica de frecuencia acumulada (ecdf)
Figura 7
Selección conjunto de datos ARCLIM
Visualización de indicadores de cambio climático
SPI, Índice de estacionalidad
Figura 9
Días secos consecutivos, Temperatura media, Precipitación acumulada, Días cálidos, Días de verano, SPI, Frecuencia de sequia
Figura 14 a 20

Futuro lejano 2065-2090
Copernicus Data store
CR2METv2.5
Descarga salidas CIMP6 SSP5-8.5
Gateño et al. (2024)
BCC-CSM2-MR, CMCC-CM2-SR5, GFDL-ESM4
INM-CM4-8, INM-CM5, MRI-ESM2
n=6
Extracción píxel representativo por SCHAC
Ancud, Castro, Piuchén, Chepu, Huillinco, Quellón
n=6
Corrección modelo GDFL con CR2MET
Corección cuantile-cuantile
climQMBC
Comparación correccion vs. CR2MET por SHAC
SPI, Índice de estacionalidad
Figura 9

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 desde reanálisis, topografía e imágenes termales para una resolución de 0.05° × 0.05°. Las salidas han sido controladas respecto a datos de 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 utilizó el Índice de Estacionalidad (IE) propuesto por Walsh 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*, $r_{n,i}$, normalizadas por la precipitación total en el año *i*, R_i. Los valores son interpretados según la Tabla 1.

Tabla 1. Regímenes de estacionalidad, interpretación de 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) presenta un trabajo profundo sobre modelamiento de las aguas superficiales y aguas subterráneas. 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 los riesgos climáticos en el territorio insular de la Provincia de Chiloé, como de las comunidades que se ven relacionadas con los SSR.

Es importante indicar 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 respecto de 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 2 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 una indicación de la evolución de los SRR. A escala anual, se observa la disminución de la precipitación desde el año 2010 atribuible a la megasequia (Garreaud et al., 2020). La disminución es especialmente notoria en la zona noroeste de la Isla.

Los cambios anuales en la precipitación derivan de las variaciones en la frecuencia y magnitud de las precipitaciones estacionales. La Figura 2 muestra cambios en la precipitación de primavera (octubre, noviembre y diciembre) y verano (enero, febrero y marzo) y 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 (Figuras 3 y 4).

Figura 2. Precipitación anual promedio según década. Los puntos azules indican los SSR con fecha de registro indicada en la base de datos provista por la contraparte.

Fuente: Datos de CR2MET.

Figura 3. Precipitación estacional promedio según década. Fuente: Datos de CR2MET.

Fuente: 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: 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 la precipitación que indica 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 presenta un régimen de precipitación con una temporada más seca (Figura 4).

Figura 5. Estacionalidad promedio según Walsh & Lawler (1981). Loa ubicación de los SSR corresponden a los SRR incluidos en la base de datos provista por la contraparte.

Fuente: Datos de CR2MET.

3.1.2. ANÁLISIS DE 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) 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, en dependencia del modelo. Luego, desde CR2MET se estableció un píxel representativo para cada SHAC. Se calcularon los indicadores de bondad de ajuste como correlación de Pearson (r), Raíz Cuadrada del Promedio de los errores (RMSE) y eficiencia de Nash-Sutcliffe (NSE). Se analizan tanto la correspondencia temporal como las funciones de probabilidad empírica (ecdf) para una evaluación de 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 o sesgo.

Dado que el Explorador de Amenazas Climáticas de ARClim provee de indicadores de cambio y escenarios futuros a partir de simulaciones CIMP6 en escenarios SSP5-8.5 a partir de 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.

Se comparan las salidas de CMIP6 y los datos de referencia desde CR2MET para precipitación mensual para cada uno de los SHAC. Las Figuras 6 a la Figura 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 9) y Huillinco (Figura 10). La Figura 12 ejemplifica la capacidad de los modelos CIMP6 para reproducir el Índice de Estacionalidad e Índice de Precipitación Estandarizado SPI-12, luego de 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. La Figura 13 muestra 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 (Figura 13).

Figura 6. 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: Salidas CIMP6 desde Copernicus Data Store.

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 Piuchén.

Fuente: Salidas CIMP6 desde Copernicus Data Store.

Figura 8. 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 Chepu.

Fuente: Salidas CIMP6 desde Copernicus Data Store.

Figura 9. 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 Castro.

Fuente: Salidas CIMP6 desde Copernicus Data Store.

Figura 10. 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 Huillinco.

Fuente: Salidas CIMP6 desde Copernicus Data Store.

Figura 11. 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 Quellón

Fuente: Salidas CIMP6 desde Copernicus Data Store.

La capacidad de las salidas CMIP6 para reproducir la condición histórica, tanto en términos de magnitud como de variabilidad, ha sido ampliamente estudiada (cf. Salazar et al., 2024; Gateño et al., 2024; Rivera and 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 en la precipitación de 10 a 30% 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 potenciales cambios en la estacionalidad de la precipitación en el futuro cercano, tanto por modificaciones de los patrones regionales del sistema climático como de 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 luego de la corrección de sesgo. Las Figuras 13 a 18 comparan la banda de variación de 22 *ensemble members* respecto de los valores de referencia desde CR2 por SHAC. Se observa para cada SHAC, las salidas desde ARClim reproducen satisfactoriamente las condiciones históricas. La Figura 19 muestra la variabilidad intra-SHAC de los valores de precipitación anual y temperatura media en el periodo de referencia desde el explorado de Amenazas.

Figura 12. Comparación de series de precipitación observada, series simuladas de los modelos luego de la corrección de sesgo usando mapeo de cuartiles. Se reconoce el uso del paquete climQMBC para MATLAB.

Fuente: Referencia desde CR2Met, salidas CIMP6 desde Copernicus Data Store

Figura 13. 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 periodo futuro (2035-2065) de las salidas de los modelos en el escenario SSP8-5.5 y SSP2-4.5 ajustadas. SHAC Ancud. Fuente: Explorador de amenazas ARClim.

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 periodo futuro (2035-2065) de las salidas de los modelos en el escenario SSP8-5.5 y SSP2-4.5 ajustadas. SHAC Piuchén. Fuente: 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 periodo futuro (2035-2065) de las salidas de los modelos en el escenario SSP8-5.5 y SSP2-4.5 ajustadas. SHAC Chepu. Fuente: 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 periodo futuro (2035-2065) de las salidas de los modelos en el escenario SSP8-5.5 y SSP2-4.5 ajustadas. SHAC Castro. Fuente: 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 periodo futuro (2035-2065) de las salidas de los modelos en el escenario SSP8-5.5 y SSP2-4.5 ajustadas. SHAC Huillinco. Fuente: 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 periodo futuro (2035-2065) de las salidas de los modelos en el escenario SSP8-5.5 y SSP2-4.5 ajustadas. SHAC Quellón. Fuente: Explorador de amenazas ARClim.

Figura 19. Comparación de variabilidad intra-SHAC de las series simuladas de los modelos CIMP6 para el periodo histórico 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 soportan el uso de datos de ARClim en el análisis climático a la misma escala espacial de CR2MET. En consecuencia, las condiciones históricas son reproducidas de manera realista por los datos grillados CR2MET y balance hídrico realizado por la Dirección General de Aguas (DGA, 2022). Sobre las condiciones futuras, las salidas ajustadas de los modelos CMIP6 son suficientes para evaluar los cambios, magnitud y frecuencia de las precipitaciones y temperaturas.

Valga señalar que la Isla Grande es cubierta por un número bajo de píxeles con baja variabilidad espacial y que el número de estaciones es bajo, con una cobertura temporal que cubre 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 lo indica la literatura, no afecta las conclusiones de los escenarios.

El Índice de Estacionalidad (IE) permite una comparación de las condiciones de régimen de precipitación para las condiciones históricas y de futuro cercano. En la Figura 20 es importante observar la permanencia y el cambio de los valores en los rangos. Las simulaciones muestran oscilaciones desde un régimen de precipitación durante todo el año con una temporada más húmeda (0,2≤ IE ≤0,39) hacia un régimen estacional con una temporada seca corta (0,4≤ IE ≤0,59). Dado que el IE es esencialmente un indicador categórico, es necesario comparar las 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.

[5] "ca." es la abreviatura de la palabra latina *circa*, que significa "aproximadamente"

Figura 20. Comparación de series de tiempo de Precipitación Mensual, Índice de Estacionalidad, SPI-12 y SPI-3 de las series simuladas de los modelos CIMP6 en el escenario SSP8.5 para el SHAC Ancud.

Fuente: Datos de precipitación mensual desde el Explorador de Amenazas de ARClim.

3.1.3. BALANCE HIDROLÓGICO SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEO

El balance hídrico[6] 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 contabilidad de

[6] De acuerdo con la teoría de equilibrio eco hidrológico, en el largo plazo, la tasa de ingreso y consumo de agua se balancean en biomasa. Lo anterior es equivalente a establecer que la biomasa que consume agua estará limitada por la cantidad de lluvia y radiación solar y la capacidad de almacenamiento del ecosistema. Sin embargo, esta condición es válida en sistemas sin intervención humana. En sistemas intervenidos se tiende a usar el concepto de *brecha hídrica* como un sinónimo de *balance hídrico*, lo que es factual y teóricamente incorrecto. En efecto, la brecha hídrica se refiere a la diferencia entre los flujos de entrada y salida para una región en espacio y un periodo de tiempo (e.g. caudal de salida de una cuenca menos todas las extracciones y usos). No obstante, este término no considera los almacenajes como la recirculación del

todas las entradas y salidas de agua, además del cambio en el almacenaje natural del suelo, aguas subterráneas, lagos, lagunas, turberas y humedales y humedales artificiales si los hubiera. Dada la alta variabilidad de las entradas y salidas de agua, en tiempo y espacio, es posible que el resultado sea negativo (positivo), i.e. la tasa de ingreso de agua es inferior (superior) a la tasa de salida de agua, lo que implica una disminución (aumento) en el almacenaje. Por lo anterior, es importante analizar las tendencias entre las entradas, salidas y cambios en el almacenaje. En especial, una 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 21 muestra los valores simulados de balance hídrico (DGA, 2022) para el periodo histórico y futuro cercano de las componentes superficiales. Al respecto, se ve que la disminución, observada y futura, del flujo de entrada (precipitación más otras fuentes en magnitudes muy menores) implica una disminución en los flujos de salida (evapotranspiración, escorrentía y descargas al mar). El cambio en el almacenamiento es 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 para diferentes condiciones de manejo (escenario base, aumento de la población, cambio de uso de suelo y escenario de implementación de un plan de gestión). El informe DGA (2022) indica que los modelos de forzantes de clima basados en escenarios RCP reproducen las condiciones en la Isla Grande. En este reporte se utilizan las salidas de los escenarios SSP que presentan también un buen desempeño.

agua dentro de la cuenca. Para evitar confusiones, el balance hídrico suele presentarse en términos de volumen anual de cada uno de los componentes.

Figura 21. Series de tiempo de los componentes del balance superficial para el periodo histórico 1986-2020 y futuro 2021-2060. La línea punteada corresponde a simulaciones de condiciones futuras.

Fuente: Datos de DGA (2022).

En DGA (2022) se consideran cambios en 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 22).

Figura 22. Series de tiempo de los flujos del balance superficial para el periodo histórico 1986-2020 y futuro 2021-2060 para los 4 escenarios de gestión propuestos en el estudio DGA (2022).

Fuente: Datos de DGA (2022).

Tanto el análisis de la condición histórica como las proyecciones de cambio climático indican una diminución de la precipitación, y en consecuencia de la escorrentía superficial y la recarga, junto a 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 es menor al 1% del volumen de entradas superficiales y subterráneas (Figura 22). Cada uno de los escenarios considera cambios

menores en los volúmenes de agua (e.g. aumento de demanda por aumento de 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 captaciones de agua superficial o el aumento de la demanda en un territorio tendrá efectos, principalmente hidráulicos, localmente que son observados por la población.

Por ello, es de importancia el reconocimiento detallado de las condiciones locales en la evaluación de la vulnerabilidad y 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 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 al medioambiente y de cambios locales en disponibilidad. El flujo hacia humedales es un indicador de las reservas mínimas ambientales, 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 23 se observa una disminución en la mayoría de los puntos simulados en DGA (2022).

Figura 23. Caudal entrante a humedales para el periodo histórico 1986-2020 y futuro 20212060 para 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: Datos de DGA (2022) .

Fuente: Datos de DGA (2022).

El balance subterráneo provisto por (DGA, 2022) presenta los resultados a nivel de Sistemas Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común (SHAC) definidos por la autoridad competente. La Figura 24 muestra los diferentes resultados de balance hídrico para los 6 SHAC definidos en la Isla, para diferentes periodos de tiempo. Los SHAC Quellón, Huillinco, Castro, Piuchén y Chepu presentan valores de balance positivos o cercanos a cero, aun en condiciones de aumento de extracciones por parte de SSR. El SHAC Ancud presenta valores negativos del balance hídrico para todos los periodos. Los cambios en la disminución de recarga están asociados a la disminución de precipitación anual.

Figura 24. Comparación de los componentes del balance superficial para el periodo histórico 1986-2020 y futuro 2021-2060 para los 4 escenarios de gestión propuestos en el estudio DGA (2022) en cada uno de los SHAC Isla de Chiloé. E se refiere a entradas al sistema y S corresponde a salidas del sistema.

Fuente: Datos de DGA (2022).

El análisis conjunto de los cambios en los forzantes hidroclimáticos (precipitación y temperatura), los forzantes antrópicos (aumento de población, cambio de uso de suelo) y los cambios en el balance hídrico superficial y subterráneo permite proponer como zonas de interés aquellos SHAC con balance

negativo. Valga indicar que las condiciones de menor recarga, menor precipitación y 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 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 diminución de la precipitación y en consecuencia de la escorrentía superficial y la recarga, junto a 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 es menor al 1% del volumen de 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 encuentra en el rango de 35 y 90 m. Es importante indicar 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 mejorar 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 plausiblemente extenderse a los SRR dentro del SHAC 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 (hm^3/año) Brecha hídrica en las localidades de Ancud (2,0 hm^3/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 produce por falta de capacidad de producción.
E3 Tranques de Acumulación de Aguas lluvia (Plan)	2 nuevos tranques para Castro (0,1 hm^3 el año 2030) y para Quellón (0,3 hm^3 el año 2055) Ampliación de la capacidad del tranque Pudeto, para Ancud, de 0,4 hm^3 a 1,4 hm^3 desde 2035 en adelante	Aguas subterráneas para uso sanitario e industrial 46 (hm3/año) Los tranques propuestos cumplen con el objetivo de reducir la brecha del E2 en las localidades de Castro y Quellón

	Crecimiento poblacional intensificado Aumento de capacidad de conducción	

3.1.4. INDICADORES DE CAMBIO CLIMÁTICO

Esta sección muestra los cambios esperados en indicadores de cambio climático claves, que muestran 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 por el semestre de invierno (de abril a septiembre) y el semestre de verano (de octubre a marzo). La separación en 2 semestres considera el año hidrológico (de abril a abril) y es importante para analizar los cambios intra-anuales.

Temperatura media: que corresponde al valor medio de la temperatura media diaria, calculado como el valor medio de las Temperaturas Mínima y Máxima. Este es el principal indicador de calentamiento global.

Precipitación acumulada: que corresponde a la cantidad de precipitación acumulada por periodo. Este indicador permite analizar los cambios en la disponibilidad de agua por temporada, dada la naturaleza pluvial de la cuenca.

Días de verano (> 25 °C): son el número de días en que la temperatura supera los 25 °C. Corresponde a un indicador de cambio del régimen estacional de temperatura que afecta las condiciones de confort climático y el estado de la vegetación.

Días cálidos: es el número de días en 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 frecuencia de eventos de temperatura superiores a p90 en cada píxel. Es complementario al indicador de días de verano, pues el valor de p90 es diferente para píxel.

Días secos consecutivos: son el número máximo de días consecutivos en que la precipitación diaria no supera 1 mm. Este es un indicador que perceptualmente afecta, pues un aumento del máximo de días secos consecutivos cambia la condición de disponibilidad de agua a corto plazo (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 al 75% del promedio de la precipitación acumulada en el periodo de referencia (1980 a 2010). Dado que se trata de un indicador que considera un valor base, es útil para identificar el aumento o disminución de la frecuencia.

Índice de Precipitación Estandarizado (SPI, por sus siglas en inglés): establece la desviación o anomalía de la precipitación en un periodo de tiempo respecto del promedio de la serie de tiempo. Es un indicador estandarizado, pues se divide por 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 la comparación espacial y estimar la intensidad de la sequía. Es un indicador complementario al indicador **Frecuencia de Sequía.**

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

La Figura 25 muestra un aumento de 1,5 °C sobre la temperatura media en verano e invierno. El aumento es homogéneo en el territorio. El SHAC Chepu y la zona sur del SHAC Castro muestran un aumento de 12 días con temperaturas sobre 25 °C. No se observa un aumento significativo en el número de píxeles con cambios superiores a 5 días (Figura 26). Sin embargo, la zona costera este de la Isla Grande muestra un aumento de 50 días por año en los cuales se superará la temperatura del periodo de referencia. La Figura 27 muestra que el calentamiento de la atmósfera afectará principalmente la zona costera para ambas estaciones, es decir, se esperan tanto veranos como inviernos más cálidos.

La disminución en la precipitación (Figura 28) es de ca. 15 % en invierno y 5 % en verano, espacialmente homogénea. La diferencia en el decrecimiento de la precipitación entre semestres implica entonces un cambio en la estacionalidad de precipitación hacia una temporada seca más extensa y con además menores montos de precipitación, como se observa en el aumento de días secos consecutivos (Figura 29) y la frecuencia de periodos de sequía (Figura 30). Más aún, el indicador SPI muestra valores futuros negativos en toda la isla, lo que refleja menores montos de precipitación. Los SHAC 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 35 muestran los cambios porcentuales de la precipitación por cada mes. Se observa un cambio diferencial, con una mayor disminución en los meses de diciembre a marzo.

El escenario futuro considera entonces cuatro elementos concurrentes:

I. disminución de los montos de precipitación (como lo indica el índice 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); y
IV. cambio en la estacionalidad de las precipitaciones hacia temporadas secas más largas.

En general, la variabilidad espacial es menor entre SHAC, lo que es equivalente a indicar que no hay diferencia significativa en cuanto a 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 o que la amenaza sea menos atendible. Los resultados muestran que la amenaza climática de disminución de la disponibilidad de agua por efecto de la disminución de las precipitaciones y el 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 25.Comparación de cambio en Temperatura Media según estación (invierno y verano) y periodo (actual y futuro).

Fuente: Datos del Explorador de Amenazas de ARClim

Figura 26.Comparación de cambio en Días de Verano (T> 25°C) según estación (invierno y verano) y periodo (actual y futuro). Fuente: Datos de ARClim.

Fuente: Datos del Explorador de Amenazas de ARClim

Figura 27. Comparación de cambio en Días Cálidos (T>p90) según estación (invierno y verano) y periodo (actual y futuro).

Fuente: Datos del Explorador de Amenazas de ARClim

Figura 28. Comparación de Precipitación acumulada según estación (invierno y verano) y periodo (actual y futuro).

Fuente: Datos del Explorador de Amenazas de ARClim

Figura 29. Comparación de cambio en días secos consecutivos según estación (invierno y verano) y periodo (actual y futuro).

Fuente: Datos del Explorador de Amenazas de ARClim

Figura 30. Comparación de cambio Frecuencia de Periodos de Sequía (porcentaje respecto del periodo base 1980-2019) según estación (invierno y verano) y periodo (actual y futuro).

Fuente: Datos del Explorador de Amenazas de ARClim

Figura 31. 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: Datos del Explorador de Amenazas de ARClim

Figura 32. Comparación de cambio en precipitación mensual por periodo (actual y futuro).

Fuente: Datos del Explorador de Amenazas de ARClim.

La Figura 33 presenta el cambio de estacionalidad para la condición de futuro cercano. Para la mayoría de los SHAC se observa un cambio hacia una condición de "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, i.e., la disminución de la precipitación estival es cercana al doble de la disminución de la precipitación invernal.

La Figura 34 consolida las condiciones de amenaza climática considerando los umbrales presentados en la Tabla 3. Los umbrales fueron ajustados con 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 igual 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 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	Una diferencia superior al valor 1 implica que la magnitud del déficit está fuera de la condición normal.
Disminución de precipitación de verano	Bajo cambio <10 % 10 % <Moderado < 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
Camio en Índice de estacionalidad	Baja, si cambio en el indicador no implica un cambio de clase Moderada, si el cambio implica la clasificación en la clase siguiente Alta, si el cambio implica la clasificación en 2clases siguiente	El cambio en el indicador implica un cambio de clase a condiciones de estacionalidad con una temporada seca más extendida

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 33. Comparación de cambio en precipitación mensual para el trimestre julio-septiembre para el periodo (actual y futuro).

Fuente: Datos del Explorador de Amenazas de ARClim.

Figura 34. Comparación de cambio en precipitación mensual para el trimestre julio-septiembre para el periodo (actual y futuro).

Fuente: Datos del Explorador de Amenazas de ARClim.

3.2. ANALISIS 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 da cuenta de importantes desafíos en materia de infraestructura, de administración y gestión del recurso hídrico, así como también de adaptación al contexto de 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 población y actividades económicas es un factor determinante de las demandas hídricas en el territorio de Chiloé.

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

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 las mediciones anteriores, para analizar la distribución espacial del aumento de demanda hídrica por desarrollo demográfico.
El listado de los proyectos de inversión pública 2015 – 2025 contenidos en la plataforma pública del Banco Integrado de Proyectos MIDESO.[7] Esta base de datos contiene aquellas iniciativas del Gobierno Regional y carteras sectoriales (incluyendo 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.
El estado actual de los instrumentos de planificación territorial (IPT), obtenido de la plataforma del MINVU[8], da cuenta del estado de vigencia de los planes reguladores comunales (PRC) y sus procesos de actualización, en cuanto a las herramientas de ordenamiento territorial con que cuenta la Isla.
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 de distribución de población en el territorio para identificar posibles zonas críticas por alta demanda hídrica y/o escasez a futuro.

3.2.1. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO

A lo largo de las últimas tres décadas, la provincia de Chiloé ha experimentado un crecimiento significativo en lo que se refiere a su desarrollo económico, productivo y demográfico[9], generando 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

[7] Banco Integrado de Proyectos del Ministerio de Desarrollo Social (https://bip.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/bip2-trabajo/app/login;jsessionid=271BE2DE1B060E200D5DFF99367CEB29), revisada 15-07-2025.
[8] Plataforma de Seguimiento de Instrumentos de Planificación Territorial del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (http://seguimientoipt.minvu.cl/main.php?module=pri)
[9] Según CEPAL, el producto interno bruto por habitante se ha incrementado desde USD 3,081 en 1990 a USD 5,889 per cápita en 2006

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 3).

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), siendo la primera de ellas 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 35).

Figura 35. Macrozonas de análisis poblacional.

Fuente: Elaboración propia con información del Geoportal

De las tres zonas, destaca la zona central como un polo funcional de la Isla Grande de Chiloé, al encontrarse 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 mitilicultura (choritos), además de ofrecer una buena red de conectividad aérea, terrestre y marítima, equipamientos y acceso a bienes y servicios, que la posicionan como un centro neurálgico de la Isla. A la ciudad de Castro se suman las áreas urbanas de Dalcahue y Chonchi, ubicadas en el área de influencia de la ciudad de Castro.

La zona norte de la Isla se caracteriza por tener 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. [10]

En tanto, la zona sur de la Isla exhibe una predominancia de la actividad pesquera y acuícola, industria que se ha expandido recientemente a esta zona y la ha dotado de mayor competitividad. Es por esta razón que la ciudad de Quellón ha experimentado un crecimiento poblacional por sobre los promedios de las otras ciudades de la Isla Grande (30,4% en el periodo intercensal 2002-2024). Por otra parte, la comuna de Quellón, la más grande de la Isla, cuenta con una proporción considerable de áreas naturales protegidas (Figura 36), como el Parque Tantauco, el cual, junto con ser un atractivo turístico relevante, constituye un área de alto valor ecosistémico y a su vez potencial *Infraestructura Ecológica.* [11] Los 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.

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

[11] 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 36. Cobertura de bosques nativos (verde oscuro) y humedales, turberas, ñadis, suelos anegados sensu lato; y el perímetro de las áreas protegidas público 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 sistemas de conectividad y promovido la mejora en el acceso a bienes y servicios. Esto ha implicado profundos cambios en cuanto a aumento —y distribución— de la población, como también en el cambio de uso de suelo por 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 del COVID-19, en la que muchas personas vieron la oportunidad de movilizarse 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 de 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, colapsando la infraestructura vial y los servicios públicos de ciudades como Puerto Varas, Frutillar, Valdivia, entre otras."* (Allard *et al*. 2022). Y finalmente, pero no por ello menos importante, la industria del turismo ha experimentado un auge importante en la Isla, y se ha posicionado como eje estratégico para el desarrollo y 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 37), a través de la "Huella Impermeable".

Figura 37. "Huella Impermeable" construida en la Isla Grande de Chiloé (Sentinel-2 2017-2024)[12]

[12] Indicador preliminar basado en la clase Built Area del Sentinel-2 Land Cover (Esri – Impact Observatory, 10 m). Sujeta a refinamiento y validación local, para entrega final. Las cifras derivan de clasificación automática y pueden sobrerrepresentar bordes de celda, explanadas reflectantes o taludes costeros.

Huella construida – Chiloé 2024
N
W
E
S
Leyenda
Áreas pobladas
Huella Construida
SHAC
Ancud
Ancud
Quemchi
Chepu
Piuchen
Castro
Departamento de Administración de Recursos Hídricos, DARH. de la DGA.;
Sources: Esri, TomTom, Garmin, FAO, NOAA, USGS, © OpenStreetMap
contributors, and the GIS User Community
0 5 10 20 Kilómetros

Huella construida – Chiloé 2024
N
W
E
S
Leyenda
Áreas pobladas
Huella Construida
SHAC
Ancud
Quemchi
Piuchen
Chepu
Castro
Dalcahue
Castro
Rilan
Huillinco
Chonchi
0
5
10
20 Kilómetros
Departamento de Administración de Recursos Hídricos, DARH, de la DGA.;
Sources: Esri, TomTom, Garmin, FAO, NOAA, USGS, © OpenStreetMap
contributors, and the GIS User Community

Huella construida – Chiloé 2024
N
W
E
S
Leyenda
Áreas pobladas
Huella Construida
SHAC
Huillinco
Quellon
Quellon
Departamento de Administración de Recursos Hídricos, DARH. de la DGA.; Sources: Esri, TomTom, Garmin, FAO, NOAA, USGS, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community
0
5
10
20 Kilómetros

El mapa 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. Es una representación del desarrollo de infraestructura más allá del límite urbano estricto. Entre 2017 y 2024 la superficie construida pasa de ≈ 102 km^2 a ≈ 190 km^2, lo que implica un incremento de ≈ 88 km^2. 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.

Al analizar en detalle las Imágenes satelitales Sentinel-2 clasificadas en nueve categorías de cobertura de uso de 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 las siguientes zonas:

En torno a las principales localidades, 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, ruta costera entre Chacao y Quemchi (W-135 y W-15), y las rutas que se desprenden de estas vías.
A lo largo de las zonas geográficas costeras, principalmente 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 llevado a cabo 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.

3.2.2. INVERSIÓN PÚBLICA

A partir del análisis de la distribución de población de la sección anterior, se puede ver que los patrones de localización están directamente vinculados a las infraestructuras viales, a la expansión de las zonas urbanas (que concentran los servicios necesarios para las personas) y a atributos geográficos que muchas veces son elegidos para 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 vialidad y 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 va a generar mejor conectividad a lo largo de la Isla; y la propuesta de un nuevo Terminal de Cruceros, que va a generar 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, enumerando los sectores de inversión por comuna (Tabla 4).

Desde una perspectiva de macrozonas, para 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, destacando 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 pista atlética de Cancha Rayada y el mejoramiento de establecimientos educacionales rurales y urbanos. En Chonchi los proyectos más relevantes han sido el mejoramiento de infraestructura de salud y educacional, 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 van a generar una conectividad del entorno de Castro y Chonchi, en sectores rurales, que hace prever una expansión urbana en una zona que ya ha crecido en 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, mejoramiento del borde costero de la ciudad y el mercado del borde costero. 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, buscan promover la integración urbana de las actividades económicas asociadas al mar, a través de proyectos de espacio público costero que valoricen el borde marino más allá de sus funciones productivas (Braton et al. 2013).

En síntesis, para las áreas urbanas, predomina la inversión en proyectos de servicios básicos como salud, justicia, deportes y educación, en conjunto con obras de mejoramiento del espacio público como bordes costeros y entornos viales. En áreas rurales las inversiones gravitan entorno a mejoramientos viales, educación y gran cantidad de proyectos de agua potable rural (Tabla 4, Tabla 5).

Tabla 6. Número de proyectos de infraestructura por comuna (descontadas las comunas Islas; Puqueldón, Curaco de Vélez y Quinchao)

NÚMERO DE INICIATIVAS	LOCALIDAD							
SECTOR	ANCUD	CASTRO	CHONCHI	DALCAHUE	QUEILEN	QUELLÓN	QUEMCHI	TOTAL SECTOR
DEPORTES	1	2	1	1	1	1	3	10
EDUCACION, 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**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del SIN

Tabla 7. Monto de los proyectos de inversión por sector y por comuna

Suma de COSTO TOTAL [M$]	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
EDUCACION, 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**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del SIN

Figura 38. Representación gráfica de número de proyectos por comuna y monto de inversión por comuna.

Fuente: Elaboración propia en base a data del SNI

Figura 39. Esquematización de la cartografía que representa las inversiones proyectadas para la Isla Grande de Chiloé.

Fuente: elaboración propia

Los datos muestran (Figura 39) 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 que están en el radio de aproximadamente una hora de viaje desde Puerto Montt, como Puerto Octay, Calbuco o incluso Ensenada, que han crecido considerablemente en los últimos años, se prevé un aumento de la población para la zona norte de Chiloé, específicamente para 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[13] (Castro) facilitan la llegada de turistas tanto internacionales como nacionales, y en particular de la capital de Chile (Santiago), lo que hace prever que podría haber un aumento de construcción de segundas viviendas en la Isla 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 45 SSR de la Isla Grande de Chiloé han ejecutado proyectos con fondos públicos; 70% de ellos con montos que van en un rango de hasta 1.000 millones de pesos y un 30% con montos mayores que van entre 1.000 y 2.345 millones de pesos (Tabla 7).

Para la Isla Grande de Chiloé la mayor parte de los proyectos han sido realizados en las comunas de Ancud, Chonchi y Dalcahue, destacando la baja inversión que han recibido las comunas de Castro, Queilén, Quellón y Quemchi. 42 de los 49 proyectos realizados en la Isla corresponden a la construcción o instalación del APR, mientras sólo siete son de mejoramiento o ampliación (Tabla 6), lo que evidencia lo reciente del proceso de consolidación de estos sistemas y el bajo nivel de ejecución de proyectos que permitan resolver los problemas que van presentando los sistemas sanitarios en el tiempo.

Este análisis preliminar de los datos del Sistema Nacional de Inversiones será contrastado con el análisis en terreno del estado actual de los SSR y los requerimientos de mejoras que se identifiquen.

[13] Plan Aeropuertos para Chile 2030; Ministerio de Obras Públicas. El programa financiará las obras de ampliación y mejora del Aeródromo Mocopulli, las que cuentan con un presupuesto de 273 millones de dólares.

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

CÓDIGO BIP	LOCALIDAD	APR	DESCRIPCIÓN	AÑO POSTU	FUENTE FIN	COSTO TOTAL [M$]
30471852	ANCUD	AGUAS BUENAS	INSTALACION SISTEMA APR LOCALIDAD RURAL DE AGUAS BUENAS, ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2025-EJECUCION	2025	F.N.D.R.	1.273.754,00
40009233	ANCUD	ANCUD	CONSTRUCCION REDES DE AP Y ALC. DE AGUAS SERVIDAS DIVERSOS SECTORES CIUDAD DE ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2021-EJECUCION	2021	F.N.D.R.	691.447,00
30341232	ANCUD	BAHIA LINAO	AMPLIACION SERV. APR BAHIA LINAO HACIA HUAPILINAO Y R.NEGRO,ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2021-EJECUCION	2021	F.N.D.R.	162.566,00
40017416	ANCUD	CAICUMEO	CONSTRUCCION RED DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO CALLE EL CERRO Y PASAJE 1 CAICUMEO, ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2023-EJECUCION	2023	F.N.D.R.	446.175,00
30136332	ANCUD	CALLE	CONSTRUCCION SERVICIO AGUA POTABLE RURAL CALLE, COMUNA DE ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2016-EJECUCION	2016	SECTORIAL	396.568,00
30109898	ANCUD	CAULIN	CONSTRUCCION SISTEMA DE APR SECTOR CAULIN LA CUMBRE, ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2022-EJECUCION	2022	F.N.D.R.	692.918,00
40003491	ANCUD	COIPOMO	CONSTRUCCION SISTEMA APR SECTOR COIPOMO,COMUNA DE ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2019-EJECUCION	2019	SECTORIAL	1.081.584,00
30445472	ANCUD	COQUIAO	CONSTRUCCION SISTEMA DE AGUA POTABLE RURAL COQUIAO, COMUNA DE ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2016-EJECUCION	2016	SECTORIAL	478.777,00
40033646	ANCUD	COQUIAO	AMPLIACION SSR DE AGUA POTABLE COQUIAO, COMUNA DE ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2025-EJECUCION	2025	SECTORIAL	2.201.512,00
30476333	ANCUD	GUABUN	CONSTRUCCION SISTEMA DE APR SECTOR GUABUN, ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2019-EJECUCION	2019	F.N.D.R.	495.979,00
30115252	ANCUD	GUAPILACUY	CONSTRUCCION SISTEMA AGUA POTABLE RURAL GUAPILACUY COMUNA DE ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2017-EJECUCION	2017	F.N.D.R.	514.806,00
40000502	ANCUD	HUELDEN	CONSTRUCCION SERVICIO DE AGUA POTABLE RURAL HUELDEN LAMECURA, COMUNA DE ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2019-EJECUCION	2019	SECTORIAL	847.073,00
40000927	ANCUD	HUICHA	CONSTRUCCION SISTEMA AGUA POTABLE RURAL HUICHA, COMUNA DE ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2019-EJECUCION	2019	SECTORIAL	574.279,00
30068150	ANCUD	PILLUCO	CONSTRUCCION SERVICIO AGUA POTABLE RURAL PILLUCO, COMUNA DE ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2016-EJECUCION	2016	SECTORIAL	454.745,00
30116708	ANCUD	PUMANZANO	CONSTRUCCION SISTEMA DE AGUA POTABLE RURAL PUMANZANO, ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2022-EJECUCION	2022	F.N.D.R.	880.776,00
30479686	ANCUD	PUNTA CHILEN	CONSTRUCCION SISTEMA AGUA POTABLE RURAL PUNTA CHILEN, ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2018-EJECUCION	2018	SECTORIAL	496.066,00
40025619	ANCUD	RIO PUDETO - VILLA LOS AROMOS	AMPLIACION RED DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO VILLA LOS AROMOS Y RÍO PUDETO, ANCUD Año y Etapa a Financiar: 2025-EJECUCION	2025	F.N.D.R.	2.107.918,00
40003749	ANCUD	TANTAUCO	CONSTRUCCION SISTEMA DE AGUA POTABLE RURAL TANTAUCO, COMUNA DE ANCUD - PROVINCIA DE CHILOE Año y Etapa a Financiar: 2019-EJECUCION	2019	SECTORIAL	784.353,00
30121787	CASTRO	CASTRO	CONSTRUCCION REDES AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DIV. SECT. CASTRO Año y Etapa a Financiar: 2018-EJECUCION	2018	F.N.D.R.	763.773,00
30471833	CASTRO	LA CHACRA	MEJORAMIENTO SISTEMA APR EXISTENTE LA CHACRA, COMUNA DE CASTRO Año y Etapa a Financiar: 2018-EJECUCION	2018	SECTORIAL	518.448,00
40006050	CASTRO	QUILQUICO	CONSTRUCCION SISTEMA APR SECTOR QUILQUICO NORTE, COMUNA DE CASTRO Año y Etapa a Financiar: 2020-EJECUCION	2020	SECTORIAL	694.739,00
40029557	CHONCHI	CANÁN	CONSTRUCCION SISTEMA DE AGUA POTABLE RURAL CANÁN, COMUNA DE CHONCHI Año y Etapa a Financiar: 2023-EJECUCION	2023	SECTORIAL	1.147.934,00
40018445	CHONCHI	DICHAM	CONSTRUCCION SISTEMA DE AGUA POTABLE RURAL DE DICHAM, COMUNA DE CHONCHI Año y Etapa a Financiar: 2021-EJECUCION	2021	SECTORIAL	1.273.971,00
30135406	CHONCHI	EL PULPITO	CONSTRUCCION SERVICIO AGUA POTABLE RURAL SECTOR EL PULPITO, CHONCHI Año y Etapa a Financiar: 2021-EJECUCION	2021	SECTORIAL	1.057.296,00
30091901	CHONCHI	HUILLINCO	MEJORAMIENTO Y AMPLIACION SERVICIO APR HUILLINCO, CHONCHI Año y Etapa a Financiar: 2020-EJECUCION	2020	F.N.D.R.	640.461,00
20144826	CHONCHI	NOTUCO	INSTALACION DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE RURAL DE NOTUCO, CHONCHI Año y Etapa a Financiar: 2016-EJECUCION	2016	F.N.D.R.	783.746,00
30310674	CHONCHI	PINDACO-QUITRIPULLI	CONSTRUCCION SERVICIO DE A.P.R. DE PINDACO-QUITRIPULLI, CHONCHI Año y Etapa a Financiar: 2019-EJECUCION	2019	F.N.D.R.	832.457,00
30181572	CHONCHI	PUCATUE	CONSTRUCCION SERVICIO AGUA POTABLE RURAL PUCATUE, COMUNA DE CHONCHI Año y Etapa a Financiar: 2015-EJECUCION	2015	SECTORIAL	288.759,00
30466433	CHONCHI	QUILLIPULLI-ROMAZAL	CONSTRUCCION SISTEMA AGUA POTABLE RURAL QUILIPULLI-ROMAZAL, CHONCHI Año y Etapa a Financiar: 2019-EJECUCION	2019	F.N.D.R.	738.410,00
30103279	CHONCHI	RAUCO	CONSTRUCCION SERVICIO DE APR DE ALCALDEO DE RAUCO,CHONCHI Año y Etapa a Financiar: 2017-EJECUCION	2017	F.N.D.R.	720.352,00
30466394	CHONCHI	TARAHUIN	CONSTRUCCION SISTEMA AGUA POTABLE RURAL DE TARAHUIN, CHONCHI Año y Etapa a Financiar: 2023-EJECUCION	2023	F.N.D.R.	625.951,00
40018522	CHONCHI	TERAO	CONSTRUCCION SISTEMA DE AGUA POTABLE RURAL TERAO, COMUNA DE CHONCHI Año y Etapa a Financiar: 2022-EJECUCION	2022	SECTORIAL	1.444.396,00
40014505	CHONCHI	VILUPULLI	CONSTRUCCION SISTEMA APR CURACO DE VILUPULLI, COMUNA DE CHONCHI Año y Etapa a Financiar: 2021-EJECUCION	2021	SECTORIAL	849.857,00
40018488	DALCAHUE	ASTILLEROS PUNAHUEL	CONSTRUCCION SERVICIO AGUA POTABLE RURAL SECTOR ASTILLEROS-PUNAHUEL .DALCAHUE Año y Etapa a Financiar: 2023-EJECUCION	2023	SECTORIAL	2.344.441,00
40004659	DALCAHUE	BUTALCURA	CONSTRUCCION SISTEMA APR SECTOR BUTALCURA, PRIMERA ETAPA, DALCAHUE Año y Etapa a Financiar: 2021-EJECUCION	2021	F.N.D.R.	320.509,00
30485152	DALCAHUE	DALCAHUE	CONSTRUCCION REDES DE AP Y ALCANT. DIVERSOS SECTORES CIUDAD DALCAHUE Año y Etapa a Financiar: 2022-EJECUCION	2022	F.N.D.R.	384.824,00
30168422	DALCAHUE	ÑIUCHO	CONSTRUCCION SERVICIO AGUA POTABLE RURAL ÑIUCHO, COMUNA DE DALCAHUE Año y Etapa a Financiar: 2016-EJECUCION	2016	SECTORIAL	427.490,00
40033603	DALCAHUE	PUCHAURAN	CONSTRUCCION SISTEMA DE AGUA POTABLE RURAL PUCHAURAN, COMUNA DE DALCAHUE Año y Etapa a Financiar: 2025-EJECUCION	2025	SECTORIAL	2.314.382,00
40016862	DALCAHUE	PULUTAUCO	CONSTRUCCION SISTEMA APR PULUTAUCO, DALCAHUE Año y Etapa a Financiar: 2024-EJECUCION	2024	F.N.D.R.	1.285.042,00
40017878	DALCAHUE	PUPETRA	CONSTRUCCION SISTEMA APR SECTOR PUPETRA, DALCAHUE Año y Etapa a Financiar: 2025-EJECUCION	2025	F.N.D.R.	1.417.269,00
30395727	DALCAHUE	VISTA HERMOSA	CONSTRUCCION REDES DE AP Y ALCANTAR. SECTOR VISTA HERMOSA, DALCAHUE Año y Etapa a Financiar: 2020-EJECUCION	2020	F.N.D.R.	614.114,00
30425022	QUEILEN	CONTUY	CONSTRUCCION SERVICIO AGUA POTABLE RURAL CONTUY, COMUNA DE QUEILEN Año y Etapa a Financiar: 2017-EJECUCION	2017	SECTORIAL	393.632,00
40009870	QUEILEN	DETICO	CONSTRUCCION SISTEMA DE AGUA POTABLE RURAL DETICO - QUECHU, COMUNA DE QUEILEN Año y Etapa a Financiar: 2021-EJECUCION	2021	SECTORIAL	1.038.563,00
30458052	QUEILEN	LELBUN-ANTUY	CONSTRUCCION SISTEMA APR LELBUN - AITUY, COMUNA DE QUEILEN Año y Etapa a Financiar: 2019-EJECUCION	2019	SECTORIAL	976.314,00
40007764	QUEILEN	ÑIDA	CONSTRUCCION SISTEMA APR ÑIDA, COMUNA DE QUEILEN Año y Etapa a Financiar: 2020-EJECUCION	2020	SECTORIAL	752.109,00
40009684	QUELLÓN	ALCAZAR	AMPLIACION DE RED PUBLICA SIST DE AGUA POTABLE Y ALC SECTOR ALCÁZAR COMUNA DE QUELLON Año y Etapa a Financiar: 2025-EJECUCION	2025	F.N.D.R.	784.610,00
40019238	QUELLÓN	CURANUE	AMPLIACION DEL SISTEMA APR CURANUE, COMUNA DE QUELLON Año y Etapa a Financiar: 2024-EJECUCION	2024	SECTORIAL	2.799.435,00
40004846	QUEMCHI	AUCAR	CONSTRUCCION SISTEMA APR AUCAR, COMUNA DE QUEMCHI Año y Etapa a Financiar: 2021-EJECUCION	2021	SECTORIAL	798.992,00
40015381	QUEMCHI	HUITE	CONSTRUCCION SISTEMA DE APR HUITE, COMUNA DE QUEMCHI Año y Etapa a Financiar: 2021-EJECUCION	2021	SECTORIAL	704.463,00

Tabla 9. Resumen por comuna - Monto total de inversión 2015-2025 en ejecución de proyectos en el sector 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**

3.2.3. ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL

A continuación, se muestran aquellos instrumentos que forman parte del 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 decisión en materia de planificación del territorio. En términos generales, esta revisión 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)**, 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 que están 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 la Conectividad como Eje Integrador del Territorio. [14]

A nivel provincial, en el caso de la Isla Grande de Chiloé, cabe destacar que existe una iniciativa de carácter intercomunal en estado 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. [15]

A nivel comunal, se cuenta con instrumentos vinculantes (PRC) en la totalidad de las comunas. El promedio de antigüedad de dichos instrumentos es de 15 años, lo que da cuenta de una situación de obsolescencia de dichos instrumentos. Se detalla a continuación el estado de vigencia de los IPT de cada una de las siete comunas que componen la unidad geográfica sujeto del presente estudio:

[14] 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 uso e intervención del espacio territorial, armonizando los requerimientos de las diversas actividades humanas con las capacidades del medio, así como la promoción del desarrollo territorial sustentable. Fuente: Plan Regional de Ordenamiento Territorial; Contenidos y Procedimientos, 2011. SUBDERE

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

Ancud: El PRC data del año 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 financiamiento para el año 2026.[16]
Quemchi: La comuna cuenta con Límite Urbano (Publicación D.O. el 31/05/2001). Se encuentra actualmente en etapa de aprobación del Consejo Municipal para el nuevo Plan Regulador Comunal. [17]
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.[17]
Castro: Cuenta con PRC vigente del año 2006 (Decreto N°498 del 28/11/2006). Actualmente se encuentra en la etapa de anteproyecto (Ejecución) para la modificación del PRC.
Chonchi: Cuenta con PRC vigente del año 1999 (Res. 46 del 23/12/1999), el cual tiene 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).[18]
Queilén: Cuenta con PRC vigente del año 1997 (Res. 65 del 06/06/1997), el cual tiene una enmienda aprobada (Decreto N°2327 del 22/09/2016). [19]
Quellón: Cuenta con PRC vigente del año 2005 (Res. 15 del 16/01/2005), el cual tiene una enmienda aprobada (Decreto N°637 del 26/03/2018). [20]

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 y favoreciendo la accesibilidad a bienes y servicios.

Por otra parte, las parcelaciones y loteos rurales son una solución que por décadas permitió a muchas familias acceder a una vivienda fuera de áreas urbanas, con acceso a equipamientos y a los servicios que ofrecen los centros urbanos. Esta situación tiene su origen en el Decreto de Ley N°3.516 (01/12/1980), la que permite a los agricultores poder subdividir terrenos rurales como mecanismo de financiamiento para apoyar sus actividades agrícolas, con la única condición de que no se podía cambiar el uso de 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 producido incongruencias en las interfaces urbano-rural, obteniendo como resultado tipologías de crecimiento urbano orgánico, con brechas

[16] Fuente: Sitio web Ilustre Municipalidad de Ancud y Portal de Seguimiento de Instrumentos de Planificación Territorial del Ministerio de Vivienda y Urbanismo
[17] Fuente: Portal de Seguimiento de Instrumentos de Planificación Territorial del Ministerio de Vivienda y Urbanismo
[18] Ilustre Municipalidad de Chonchi y Portal de Seguimiento de Instrumentos de Planificación Territorial del Ministerio de Vivienda y Urbanismo
[19] Fuente: Ilustre Municipalidad de Queilén y Biblioteca del Congreso Nacional
[20] Fuente: Biblioteca Congreso Nacional

considerables en materia de acceso a servicios básicos, las que son resueltas por los propios ocupantes de los loteos, a través de prácticas que generan daños considerables a los sistemas naturales y fuentes de agua superficial y subterráneas, y que pueden llegar a competir por el recurso hídrico con los SSR.

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 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[21] y una serie de acciones y medidas que se agrupan en seis líneas estratégicas:
Reducción de emisiones de GEI a través de acciones de eficiencia energética y diversificación de fuentes energéticas.
Conservación de la biodiversidad y aumento de la capacidad de secuestro de GEI de la región.
Uso sostenible de los recursos naturales renovables y no renovables como ejes de desarrollo regional bajo escenarios de cambio climático.
Incorporación del cambio climático en los instrumentos de ordenamiento territorial.
Educación y fortalecimiento de capacidades.
Institucionalidad y gobernanza, fortalecimiento de la organización y coordinación intersectorial y a nivel de servicios públicos.

Dichos lineamientos contienen medidas específicas y concretas que son atingentes al presente estudio, como el aseguramiento de la disponibilidad de agua potable y saneamiento a través de la protección de los recursos que garantizan su 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 a 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, Política Regional para la Sostenibilidad Hídrica (PRSH), promulgada en febrero del 2024, plantea una hoja de ruta e iniciativas asociadas al acceso al agua para personas que habitan tanto en sectores urbanos como 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:

[21] "La Región de los Lagos y todos sus habitantes coexisten en equilibrio con el medio, a través de la aplicación de pensamiento crítico, la toma de consciencia y un trabajo colaborativo, para generar los cambios necesarios en costumbres y prácticas, transformándonos en líderes en la adaptación al cambio climático". Fuente: RA Plan de Acción Regional al Cambio Climático de la Región de Los Lagos. Resolución Exenta, N°223.Puerto Montt, 08/05/2023

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

Seguridad Hídrica para las Actividades Productivas: Asegurar el agua para la agricultura, 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

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

Resiliencia para la Prevención de Eventos Extremos: Fortalecer la capacidad de adaptación y respuesta a sequías e inundaciones, mitigando los riesgos asociados. Este lineamiento define las siguientes líneas de acción:
a. Prevención de anegamientos urbanos
b. Reducción del riesgo asociado a eventos de tormenta

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 2022), el cual tiene por objetivo general orientar la toma de decisiones en materia de gestión hídrica, a través de una cartera de acciones que apunta al mejoramiento de la información disponible, gestión y coordinación de instituciones vinculadas, infraestructura de agua y adaptación al cambio climático, y ha sido una fuente clave para la caracterización de amenazas climáticas del presente estudio.

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 intercomunal). Un instrumento que integre las dinámicas económico-productivas, demográficas, culturales y medioambientales a la planificación de los centros urbanos, así como de las zonas rurales y el borde costero, y logre remontar las trabas que impiden la coordinación e intensificación del trabajo multisectorial en políticas públicas y programas sociales que tienen impacto sobre los territorios [22]. Si bien existe un proyecto (en formulación) de un Instrumento de Planificación Territorial a escala Intercomunal, se hace necesario contar con una planificación integral a escala de la Isla Grande de Chiloé, que establezca lineamientos estratégicos que apunten al desarrollo económico y social de las comunidades, velando por el cuidado de la identidad cultural y de los atributos naturales y de los beneficios ecosistémicos que proveen los paisajes nativos que caracterizan a la Isla Grande de Chiloé.

3.2.4. CONCLUSIONES GENERALES DEL ANÁLISIS TERRITORIAL

Del análisis territorial podemos concluir, en primer lugar, que hay patrones claros de localización de la población que se va sumando a la Isla, ubicándose principalmente en torno a las áreas urbanas que concentran los servicios, en torno a las vialidades estructurantes, que otorgan conectividad a los nodos urbanos, y a lo largo de las zonas costeras con camino, principalmente en zonas protegidas (Barton et al. 2013). Hoy en día las comunas más pobladas son Ancud y Castro, destacando la enorme población flotante de Castro, que triplica sus habitantes en forma estacional.

Las principales inversiones en infraestructura que ha realizado el Estado en Chiloé coinciden con los dos grupos atractores de población: infraestructura de conectividad y servicios para la ciudadanía en las áreas urbanas. Los proyectos más relevantes por su escala e impacto, el puente Chacao y la propuesta de un nuevo Terminal de Cruceros, se concentran en la zona norte de la comuna de Ancud. Por su parte, el futuro Bypass de Castro y el mejoramiento del aeródromo de Mocopulli, promueven el crecimiento tanto de primeras como de segundas viviendas en esa zona.

Estos proyectos se construirán en territorios que en la actualidad no cuentan con herramientas de planificación actualizadas que sean capaces de ordenar el desarrollo que van a generar, especialmente en lo que respecta al poblamiento de las áreas rurales. Chiloé no tiene instrumentos de planificación que permitan habitar sus ecosistemas de manera coherente y cuidadosa, lo que ha generado una utilización desorganizada de sus recursos hídricos.
Hoy en día, además de los SSR inscritos en el MOP, hay un gran número de captaciones de agua inscritas para diversos usos. La zona norte de la Isla concentra los puntos de captación de agua con mayores caudales consuntivos, con usos diversos como industria y riego.

En base a este análisis se pueden prospectar como zonas de mayor estrés hídrico por crecimiento:

La zona norte SHAC de Ancud

La zona central en el arco Dalcahue – Castro - Chonchi

3.3. La zona de Quellón y sus alrededoresCARACTERIZACIÓN DE SSR EN ISLA GRANDE CHILOE:

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

A continuación, se presentará la caracterización de los SSR en la Isla Grande de Chiloé, para lo cual se usará como marco conceptual la descripción sociohidrológica 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 a través de los derechos de agua asignados en la Isla. Finalmente, y a partir de las bases de datos entregadas por la DOH, se realizará una descripción a nivel comunal de las principales características de las SSR en la Isla.

3.3.1. MARCO REGULATORIO APLICABLE A LOS SSR Y CONTEXTO HISTÓRICO

El marco normativo que rige los Servicios Sanitarios Rurales busca garantizar la calidad, cantidad y 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 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 8).

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

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 desde el 2006 a la fecha.
NCh409/2 del 2004		Agua Potable- Parte 2- Muestreo. Norma oficial desde el 2006 a la fecha.
DFL N°5/200	Ministerio de Economía	Fija 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 Texto del Código de Aguas.
DFL N° 382/1988		Régimen general de concesiones sanitarias.

Instrumento legal	Entidad	Descripción
Decreto Supremo N°90/2001	Ministerio de Obras Públicas	Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.
Decreto N° 50/ 2003		Aprueba el reglamento de instalaciones domiciliarias de agua potable y de alcantarillado.
Decreto N°203/2013		Reglamento sobre normas de exploración y explotación de aguas subterráneas.
Ley N°21.075/2018		Regula la Recolección, Reutilización y Disposición de Aguas Grises.
Decreto Supremo N° 735/1969	Ministerio de Salud	Reglamento sobre calidad del agua potable.
Decreto N°58/1997	Ministerio del Interior	Fija texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N° 19418, sobre juntas de vecinos y demás organizaciones comunitarias.

En el año 1964 se crea el Programa Estatal de Agua Potable Rural, 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 cooperativa) solo requería el registro de particulares aplicado a zonas no urbanas del DFL N° 382/1989 y de los permisos dictados por el Servicio de Salud, único ente fiscalizador, que acreditaran el cumplimiento de las normas de calidad de agua (Decreto 735 y la NCh 409). Todo lo relativo a la extracción del recurso, gestión y administración quedaba exento de fiscalizaciones 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, establece la obligación del Estado de prestar asistencia técnica y administrativa a los APR, de forma directa o indirecta mediante empresas concesionarias. No es hasta el 2016, con la promulgación de la Ley 20.998 en la cual los APR pasan a ser Servicios Sanitarios Rurales (SSR), estableciéndose normas y exigencias no solo respecto de la calidad del agua, sino también respecto del cobro de tarifas, instalaciones mínimas, gestión y administración. Al aparato estatal se incorpora una Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales cuyo rol principal es ejecutar la política nacional de SSR, enfocándose en la asistencia, promoción y regulación de estos servicios en zonas rurales. También se incorpora una mayor fiscalización por parte de la SISS (Superintendencia de Servicios Sanitarios). En contexto de escasez hídrica, tanto por razones climáticas como por gestión, la normativa ha debido adaptarse para hacer frente a los desafíos relativos a la distribución del agua en 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) autorizada 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/o 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, fondo de

reserva para garantizar el servicio, plan de inversión y estado financiero aprobado por la subdirección, informe de la gestión y un programa de precios aprobado.

La Ley define tipo de servicios Primario (para uso domésticos) o 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 por medio de programas anuales de inversión, la facultad de imponer servidumbre de forma gratuita sobre bienes nacionales de uso público para la instalación o construcción de infraestructura.

Cabe destacar que la entrada en vigor de la ley en 2020, en medio de un contexto social adverso, limito la gestión y operación de los comités y cooperativas dificultando la adaptación a las nuevas normativas, en respuesta a ellos, las organizaciones se organizaron para promover la Ley N°21.401 que extendió los plazos en disposiciones como el registro de operadores y constitución del consejo consultivo. Actualmente, se discute en el Senado una nueva modificación a la ley para prorrogar los plazos del artículo vigésimo transitorio de la Ley 20.998 que posterga el inicio de las fiscalizaciones 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[23]; así como la aplicación del Decreto de Escasez Hídrica[24]. 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 al acceso a nuevas fuentes; y la asignación de presupuestos y la autorización de nuevas extracciones (Artículos n°5 bis, 17. 314 y 315). Alvarez-Garreton et al., (2023) advierten que su uso reiterado en ciertas 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.

[23] La labor de redistribución equitativa del recurso hídrico (prorrateo) entre los usuarios, especialmente de quienes poseen DDA, asegurando que cada usuario reciba su porción justa del agua, de acuerdo con los derechos de aprovechamiento que posea, considerando factores como el caudal disponible y la capacidad de las obras, queda a cargo de la Juntas de Vigilancia que reúnen a las Organizaciones de Usuarios de Agua (OUA) de una cuenca.

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

3.3.2. 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, apoyo a operadores, planificación de inversiones y conservación de infraestructuras. A nivel regional, la estructura se replica mediante Subdirecciones Regionales dirigidas, encargadas de ejecutar las políticas y programas en sus territorios, coordinando 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 40. Organigrama institucional de la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales

. Fuente: Elaboración Propia a partir de DT N°174/2024: “Crea departamentos y establece la organización y funciones de la subdirección de Servicios Sanitarios Rurales”.

Como instrumento de gobernanza la Ley incorpora los Consejos Consultivos Nacionales (CCN), los cuales sesionan al menos dos veces al año, y los Consejos Consultivos Regionales (CCR) que actúan asesorando al CCN. Ambas instituciones tienen por objetivo orientar las políticas y la aprobación de programas de capacitaciones para los SSR (Artículo 68 de la Ley 20.998). Promueve la participación de actores públicos y privados, incluyendo representantes de los comités y cooperativas de agua, configurando un espacio integrado de coordinación.

Figura 41. Organigrama del Consejo Consultivo Nacional - Fuente: Elaboración propia.

Fuente: Elaboración propia.

Localmente los SSR se organizan en comités con personalidad jurídica, sin fines de lucro. Funcionan como una agrupación voluntaria de personas con un objetivo común, regidas por el DT N°58/1997 de "*Juntas de vecinos y demás organizaciones comunitarias*", y se encuentran conformados por una asamblea de socios dentro de los cuales 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 labores diarias son realizadas por una o más personas contratadas, las cuales pueden o no ser miembros de la comunidad de vecinos. Por otro lado, las cooperativas poseen una estructura legal más robusta, en donde los socios tienen derechos y deberes definidos, con mayor capacidad de gestión. Organizacionalmente, cuentan con una asamblea de socios, un consejo de administración, un gerente y contratación de operadores.

La organización y capacidad de gestión de los comités y cooperativas tienen gran influencia en el desempeño del SSR. Organizaciones con mayor parcelación de los miembros, renovación periódica de representantes, capacidad para establecer redes de apoyo e iniciativas para apalancar fondos estatales o privados son atributos reconocidos en SSR que ofrecen un buen suministro del recurso hídrico a sus usuarios (Duarte-Vera et al., 2021).

La caracterización individual del tipo de gestión y organización con la que cuenta cada SSR en la Isla Grande de Chiloé se hizo a partir de la base de datos entregada 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 42)

Figura 42. 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 la primera en 1982; mientras que para la Región de Los Lagos las primeras SSR fueron constituidas en 1978, y más de la mitad (58%) se constituyeron antes del 2010. Como se puede ver en la Figura 34, 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 el año 1982 en Chonchi y Queilén, y en el año 1987 se fundaron tres nuevas APR en dos en Castro y una en Dalcahue.

Figura 43. Distribución de las SSR en la Isla Grande de Chiloé reflejando antigüedad, mayor intensidad del círculo rojo, más antiguas.

Fuente: elaboración propia a partir de Base de Datos de DOH Regional

De las 92 SSR listadas en la base de datos de la DOH Regional, 91 cuentan con una administración del tipo "Comité" y una cuenta con administración municipal "SSR Ilustre Municipalidad de Ancud". Cabe destacar que en la Isla no se encuentran constituidas, formalmente, Organizaciones de Usuarios de Agua, las que podrían tener un rol activo en la redistribución del agua bajo la actual 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.

3.3.3. GESTIÓN DEL RECUSO HÍDRICO

Como se ha visto en la sección de amenazas climáticas, los patrones de precipitación y temperaturas máximas y mínimas indican un proceso de modificación de la estacionalidad climática en la Isla que conllevará una alteración al 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 irá en aumento, considerando 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 nivel de competencia con otros usuarios por el recurso hídrico. A continuación, se hará 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 a partir de los antecedentes entregados por DOH regional.

Según el catastro de DAA de la Región de Los Lagos, en la Provincia de Chiloé existen 2.662 DAA inscritos, de los cuales 2.651 están asociados a una comuna y 11 no cuentan con esta información[25], y de estos, 2485 están asignados entre las siete comunas de la Isla. Tras un ejercicio de depuración de la base de datos (7.1) se trabajó con un número total final de 2.483 registros de DAA. La Tabla 9 entrega un panorama general del número de DAA otorgados por comuna, la suma del "Caudal Anual Promedio L/s", así como el promedio con su desviación estándar. La Tabla 10 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 en base al Catastro público de derechos de la DGA, actualizado al 30 de junio de 2025.

[25] De las 11 no asociadas a comunas 4 corresponden a "Hidroelectrica Agua Viva S.A.", 2 a "Horacio Duran Vidal", 2 a "Rolf Eichler Meier", 1 a "Miriam Oriana Barria Barrientos", 1 "Comunidad Indígena Hincul Mapu", y 1 a "CEXPromar LTDA."

Tabla 12. Derechos de Aprovechamiento de Agua (DAA) por comuna en 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				

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

Para las siete comunas de la Isla, el volumen anual promedio total de litros por segundo para dichos usos es menor (21.580 L/s) en comparación con el de uso “No Consuntivos” (12.862.640 L/s) (Tabla 9). Por otra parte, al comparar los caudales asignados a estos dos usos con el caudal ecológico (Figura 36), destaca la comuna de Ancud como única que tiene asignado un volumen mayor al caudal ecológico que a los otros dos usos. Por otra parte, la comuna de Chonchi destaca en dos órdenes de magnitud arriba del resto de las comunas, respecto del promedio anual asignado a Uso No Consuntivo, lo cual está relacionado con la presencia de generación eléctrica a partir del recurso hidrológico. Es importante recordar que la escala utilizada para el gráfico es logarítmica, justamente para facilitar la visualización de estas comparaciones.

Figura 44. Comparación entre volúmenes promedios anuales (L/s) entre Caudal Ecológico, Uso Consuntivo y Uso No Consuntivo por comuna, en la Isla Grande de Chiloé.

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” (hace referencia a tipos de uso que regresan la totalidad del agua a su fuente original, este tipo de uso de caracteriza por grandes volúmenes de extracción). Los demás usos tienen asignados ambos tipos de usos, con un porcentaje menor asignado al uso “Consuntivo” (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).

Al realizar un análisis desglosado del volumen de agua asignada entre estos usos con derechos para derechos de aprovechamiento “No Consuntivos” por comuna (Figura 44) se ve que las comunas de Quemchi y Chonchi cuentan con el mayor volumen asignado a la producción hidroeléctrica en la Isla, evidenciando la relevancia de esta actividad para la economía de esta comuna, en comparación con el resto de la Isla. Por otra parte, solo Dalcahue y Castro presentan solicitudes para “Uso industrial” donde Castro cuenta con un volumen importante de agua asignada a dichas actividades, sugiriendo un rol estratégico en la Isla respecto de esta actividad económica. Por otra parte, llama la atención la comuna de Chonchi, la cual presenta una distribución bastante homogénea del volumen de agua asignado entre las actividades “Hidro Eléctrica”, “Otros Usos”, “Piscicultura”, “Riego”, mostrando un sector productivo más diversificado que el resto de las comunas.

Figura 45. Proporción de derechos de aprovechamiento de aguas “no consuntivas” según su uso.

Usos: “Domestico” (Consumo humano uso doméstico y saneamiento), “HE” (Energía hidroeléctrica), Piscicultura”, “Riego”, “Silvoagropecuario”, “Uso industrial” y “Otros usos”. Se aplicó transformación logarítmica para mejor 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.

Al realizar un análisis desglosado del caudal asignado entre estos usos con derechos de aprovechamiento “Consuntivos” por comuna (Figura 45) se ve que el uso doméstico, si bien presenta una variabilidad reducida (caja achatada en torno a la línea media), cuenta con una gran cantidad de valores extremos o fuera del promedio y su varianza. 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; y llama la atención en Quemchi el alto volumen de agua asignado para uso consuntivo “Uso industrial” y en Queilen el volumen asignado a “Riego”, lo cual da cuenta de la naturaleza de la matriz productiva dependiente del agua en dichas comunas.

[26] Promedios comunales: Ancud: 3,8; Castro: 5,8; Chonchi:4,2; Dalcahue:7,1; Queilen: 3,2; Quellón: 5,8 y Quemchi: 2,1

Figura 46. Proporción de derechos de aprovechamiento de aguas "consuntivos" según su uso[27].

Fuente: elaboración propia a partir del catastro de derechos de aguas de la DGA, actualizada al 30 de junio de 2025

De este panorama global de los 2.483 DAA consignados en la base de datos de la DGA, actualizada al 30 de junio del 2025, 75 derechos han sido otorgados a 36 comunidades indígenas y 174 derechos a 83 servicios sanitarios rurales, representando la suma de ambos sectores sociales de la Isla un 10% de los derechos otorgados entre 1984 y el 2024.

3.3.4. RELACIÓN ESPACIAL DEL LOS SSR Y SUS PUNTOS DE CAPTACIÓN DE AGUA C0N LA DISTRIBUCIÓN POBLACIONAL

Para una perspectiva territorial del uso del agua, se hizo el cruce entre la distribución de la población en la Isla y la localización de los SSR inscritos en la DOH y otros puntos de captación de agua, como una forma de identificar patrones de oferta y demanda del recurso hídrico en la Isla Grande de Chiloé.

[27] Del análisis de uso No Consuntivo se excluyeron dos solicitudes por encontrarse fuera del rango y dificultar la visualización de los datos: Rural SPA, Ancud, 2083 L/s, uso Consuntivo-Doméstico, Forestal Pehuen Ltda. Castro, uso Consuntivo-Riego y Salmones Mainstreau, Chonchi, uso Consuntivo-Otros Usos.

Figura 47. 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 circunferencias amarillas y verdes indican el número de DAA dentro del perímetro.

Fuente: Elaboración propia en base a datos provistos por la DGA y DOH.

A partir de ambos mapas se puede observar una coocurrencia entre las zonas pobladas (no urbanas) y los distintos puntos de captación de agua, asociados a entornos viales, expansión urbana y bordes costeros orientales de la Isla (en coherencia con lo desarrollado en el numeral 3.2.2) (Figura 47). Por otra parte, en la zona norte de la Isla se concentran los puntos de captación de agua con mayores caudales (Figura 48). Los SSR del SHAC de Ancud compiten por un recurso en déficit (Figura 24) con los múltiples puntos de captación de agua para la industria agropecuaria de la zona. A la alta demanda hídrica de la actividad agropecuaria durante la estación estival, se suma el aumento de consumo humano por la población flotante asociada al turismo.

Figura 48. Representación cartográfica de arranques por SSR, círculos celestes (a 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: Censo 2017). Mapa: elaboración propia.

Por otra parte, al analizar los tipos de provisión de agua declarados por los ocupantes de las viviendas en la Isla Grande de Chiloé (Censo 2017) se evidencia que en la zona norte predominan las fuentes subterráneas, mientras la zona central y sur se abastecen mayormente de fuentes superficiales (Figura 48). Cabe destacar que en todas las zonas se observa una proporción de viviendas abastecidas a través de 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 es posible observar que los SSR de mayor escala (mayores a 500 arranques) se alinean casi exclusivamente sobre el eje de la Ruta 5.

Por otra parte, al realizar un análisis respecto de la fuente que abastece de agua a los SSR en la Figura 49 se puede observar que las comunas de Ancud, Quemchi, Queilen tienen una distribución relativamente homogénea entre SSR que se suministran por aguas superficiales y aguas subterráneas. En contraposición, Quellón sólo presenta suministro de aguas superficiales y Dalcahue mayoritariamente superficial. En el otro extremo se encuentra Chonchi, que se abastece prioritariamente con aguas subterráneas. Si bien esto parece ser contradictorio con respecto a 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 aquellas utilizadas por los SSR, sobre todo porque muchos vecinos han instalado sus propias norias (fuente subterránea) para resolver en forma autónoma problemas en la continuidad del suministro de agua.

Figura 49. Distribución del número total de SSR por comuna que se abastecen por fuentes subterráneas, superficiales o ambas.

Fuente: elaboración propia a partir de base de datos entregada por la DOH regional.

Por otra parte, si revisamos la distribución de los derechos de agua a lo largo de las diferentes fuentes asignados a los diferentes SSR, en términos del promedio anual de litros por segundo, se observa que Ancud y Chonchi concentran el mayor caudal otorgado, tanto en derechos individuales como en la sumatoria de todos los derechos entregados por comuna (Figura 50). Por otra parte, en la Figura 42 se puede observar una transición entre 1982 y la fecha de asignación de aguas superficiales, a sistemas abastecidos por aguas subterráneas o ambas fuentes. Esto podría estar dando cuenta de un primer signo de la disminución en la disponibilidad de agua en fuentes superficiales, o un aumento en la demanda por sobre la capacidad de abastecimiento de estas fuentes, capacidad que se ve disminuida en el contexto de las amenazas climáticas levantadas en el numeral 3.1.

Respecto del patrón de demanda por servicios sanitarios, en los '80 se incorporaba un APR por comuna cada cinco años aproximadamente, tendencia que se mantiene relativamente constante hasta 2000, posterior a este año la constitución de servicios sanitarios muestra una tendencia al incremento significativa. 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 cual la tasa de creación de SSR es baja comparando con lo que sucede a partir del 2000 en adelante donde la tasa de acumulación de nuevas SSR presenta un cambio brusco hacia el aumento que se ha mantenido hasta la fecha (Figura 41), particularmente para las fuentes subterráneas o fuentes híbrida entre subterránea y superficial.

Figura 50. Derechos de agua (L/s) otorgados a SSR/APR por comuna y tipo de fuente de agua

Fuente: elaboración propia a partir de Base de Datos de DOH Regional

Figura 51. Curva de acumulación de sistemas sanitarios (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

Figura 52. Curva de acumulación de sistemas sanitarios (APR y SSR) desde 1980 a la fecha para la Isla Grande de Chiloé, segregada por comuna.

Fuente: elaboración propia a partir de Base de Datos de DOH Regional

Considerando la tasa de aumento de SSR, la transición en el uso de fuentes superficiales a fuentes subterráneas y el incremento en el caudal asignado, se prevé que las administraciones de estos servicios enfrentarán un desafío en torno a la optimización de la gestión del recurso hídrico. Ante las amenazas climáticas se proyecta una disminución de entrada hídrica a las escorrentías superficiales. Dichas

disminuciones pueden ser amortiguadas por uso de aguas almacenadas en los acuíferos de la Isla. No obstante, dichas aguas representan un recurso limitado y las evidencias muestran que para el caso del SHAC de Ancud, el acuífero a la fecha presenta déficit, es decir, la extracción de acuífero es mayor a su capacidad de recarga, por lo que está disminuyendo su nivel. De todas las comunas de la Isla Grande de Chiloé, esta presenta la mayor vulnerabilidad, no solo por potencial déficit en su oferta hídrica, sino también por una demanda creciente proyectada para los próximos años, según lo mostrado en el numeral 3.2 .

En resumen, priorizado las macrozonas en términos de su vulnerabilidad, desde las más vulnerables a las menos, se detecta un patrón de expansión de la vulnerabilidad del norte hacia el sur de la Isla[28]:

Macrozona Norte (Ancud y Quemchi): aumento de SSR en la última década, prioritariamente abastecidos por fuentes subterráneas, donde Ancud ya muestra déficit en el balance de su SHAC. Por otra parte, esta zona es la que se ve expuesta a un mayor cambio de uso de suelo para fines slivo-agropecuarios y parcelaciones.

Macrozona centro (Castro, Dalcahue y Chonchi): se proyecta para esta macrozona un incremento demográfico importante, en particular con la construcción del Bypass, lo cual ya está generando un incentivo en la parcelación de los predios, gatillado por un aumento en la plusvalía de los terrenos.

Macrozona sur (Quellón y Quilen): muestra cierta disminución en el aumento de SSR, con tendencias hacia abastecimiento de fuentes subterráneas. Quemchi y Quellón muestran una disminución en la tasa de constitución de nuevos SSR, particularmente Quellón, cuyo último APR data del año 2014.

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

Hasta acá se ha realizado un análisis de la situación de la Isla Grande de Chiloé, abarcando diferentes dimensiones expresadas en diferentes escalas. Desde lo climático, pasando por un análisis del ordenamiento territorial, el 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 hacer una integración de 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, la retroalimentación de la contraparte y la discusión experta. Se está realizando una encuesta extendida en la Isla, cuyo objetivo será contrastar el modelo propuesto con la percepción de los chilotes.

Se propone que los SSR pueden entenderse como sistemas que operan a escala local, anidados dentro de sistemas sociodemográficos a escala regional y nacional. A su vez, estos sistemas se encuentran insertos dentro de un sistema ecológico que representa la base y sostén, entregando una serie de beneficios ecosistémicos a la población de la Isla (Figura 43). Respecto del sistema ecológico, para

[28] Este punto se está desarrollando en mayor detalle a partir del análisis de lógica difusa, en el cual se está cruzando la información de todos los niveles de análisis en forma espacialmente explicita para caracterizar su interacción en el territorio.

efectos de este análisis se puso énfasis en el ciclo hidrológico de la Isla Grande de Chiloé. A partir del modelo socio-hidrológico propuesto se han identificado potenciales factores forzantes sobre la disponibilidad de agua en los SSR como: cambios hidro-climáticos, aumento de la población, cambio del uso de suelo (o cobertura vegetal), regulación normativa y gestión institucional. A continuación, se procede a una descripción detallada de cada nivel jerárquico, de lo más general a lo más local.

Figura 53. Modelo Socio-hidrológico, compuesto por los subsistemas: B) Subsistema 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, cuerpos normativos y 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 los 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, todos 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 44).

Figura 54. Subsistema de Servicios Ecosistémicos de Provisión de Agua. Fuente: Elaboración Propia. Todas las relaciones expuestas se han recogido de la bibliografía, cuerpos normativos y criterio de expertos.

La alta demanda por el recurso hídrico, para diferentes contextos y usuarios, ha requerido de la regulación del uso tanto en cantidad como en su calidad (Figura 45). Los instrumentos normativos representados buscan regular la calidad del agua para uso humano urbano y rural y, por otra parte, fijan normas de calidad RILES, que se generan como deshecho hídrico del uso industrial. En contexto de escasez hídrica que ha experimentado Chile en las últimas décadas en diferentes regiones, se ha incorporado al cuerpo normativo modificaciones recientes en materia hídrica como el caudal ecológico, establecimiento de sistemas de organización de usuarios a nivel de cuenca, 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 escapa a esta normativa y que genera una

zona gris respecto de la calidad y cantidad de agua disponible en un territorio dado. De momento para esta "caja" en el modelo solo se indican los conectores de entrada, sin embargo, no se ha querido modelar aún los conectores de salida (impacto de este uso humano no regulado) hasta no tener una claridad, al menos aproximada, de la magnitud de éste en la Isla, claridad que se espera obtener a partir de las encuestas y entrevistas.

Figura 55. Subsistema de Gestión Institucional Hídrica. Fuente: Elaboración Propia. Todas las relaciones expuestas se han recogido de la bibliografía, cuerpos normativos y criterio de expertos.

Finalmente, el modelo esquematiza la dinámica y operación de un SSR a nivel local (Figura 46). Su gobernanza y operación dan respuesta a los requerimientos normativos, representados en el nivel anterior (Figura 45), debiendo poseer las capacidades administrativas y logísticas necesarias para realizar todas las labores operacionales implicadas en la distribución de las aguas en cantidad, calidad y de forma continua. Adicionalmente, también se espera que cumplan 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 es un aspecto débil en la gestión hídrica del agua potable rural de la Isla.

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

4. PROPUESTA DE AREA DE ESTUDIO:

A través de los criterios establecidos para la definición del área de estudio, se procedió a hacer una evaluación que permitiera categorizar aquellas zonas y obtener una muestra representativa que permitiera una caracterización de la Isla en términos de vulnerabilidad climática y territorial.

4.1. METODOLOGÍA

Para identificar el sector de la Isla Grande de Chiloé con mayor vulnerabilidad hídrica y climática, se ha desarrollado una metodología integral basada en múltiples fuentes de información, escalas de análisis y criterios territoriales. Esta metodología considera la superposición de varias dimensiones: análisis climáticos e hidrológicos, revisión preliminar de la gestión local del agua y capacidades institucionales, así como presiones demográficas, técnicas y proyecciones de inversión pública. Los apartados siguientes describen los criterios que están siendo utilizados para perfilar el área prioritaria de atención, en conjunto con la contraparte técnica del estudio.

4.2. CRITERIOS HIDRO-CLIMÁTICOS PARA LA DEFINICIÓN DE ÁREA DE ESTUDIO

Uno de los pilares fundamentales para definir el área prioritaria de estudio fue realizar un análisis detallado del clima actual y de las condiciones hidroclimáticas proyectadas en la Isla Grande de Chiloé. Este enfoque permitió ubicar con mayor precisión aquellas zonas más sensibles, donde confluyen riesgos de escasez de agua, cambios asociados al clima y presiones sobre los sistemas de agua rural.

En primer lugar, se trabajó con datos históricos de alta resolución espacial y temporal (CR2MET), lo que permitió observar la evolución de la temperatura y la precipitación desde 1960 hasta 2022. Se identificó una tendencia decreciente en la precipitación total anual en distintos sectores de la Isla Grande, junto con un cambio en la estacionalidad: las lluvias tienden a concentrarse en un número cada vez menor de meses al año.

A esto se sumaron proyecciones climáticas basadas en los modelos globales CMIP6, utilizando los escenarios SSP5-8.5 y SSP2-4.5. Estas simulaciones muestran una tendencia creciente de la temperatura media y la mayor frecuencia de condiciones secas, sobre todo en verano. También se observa un aumento en los días secos consecutivos y una disminución en los días húmedos, lo que compromete la disponibilidad de agua en temporadas clave.

Uno de los indicadores más relevantes es el Índice de Estacionalidad, que mide la concentración de precipitaciones en ciertos meses. Los resultados muestran un cambio significativo en ciertas zonas del territorio, desde un régimen con lluvias repartidas durante todo el año hacia un patrón más estacional, con estaciones secas más prolongadas. Este cambio no solo afecta la disponibilidad hídrica, sino que también complica la planificación y operación de los sistemas comunales de agua.

En complemento, se incorporaron los balances hídricos superficiales y subterráneos reportados por la Dirección General de Aguas (2022), que entregan información clave a nivel de cuencas y Sistemas Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común (SHAC).

Finalmente, todas estas condiciones hidroclimáticas se han cruzado con una mirada social y territorial para construir un diagnóstico más integral. Lo que se buscaba era identificar zonas dentro del territorio insular donde coincidieran varios factores de alerta: sequías prolongadas, mayor recurrencia de olas de calor, una mayor concentración estacional de las precipitaciones, baja recarga de acuíferos y una creciente presión sobre los sistemas de abastecimiento de agua. La hipótesis de trabajo fue que la superposición de estas señales permitiría delimitar con mayor precisión un sector especialmente vulnerable, que justificaba ser abordado con mayor profundidad.

4.3. ANÁLISIS PROSPECTIVO DEL TERRITORIO

El análisis prospectivo del territorio identifica aquellas zonas más propensas a enfrentar escenarios complejos de gobernanza del agua, no solo por condiciones climáticas cambiantes, sino por cómo el territorio ha sido habitado, utilizado y transformado. Esta mirada complementa el enfoque hidroclimático y permite entender dónde los riesgos se amplifican por la forma en que las personas interactúan con el entorno.

Un ejemplo de esto es el aumento de la población flotante en verano en ciertas localidades, que incrementa considerablemente la demanda de agua en los momentos del año con menor disponibilidad hídrica. Esta presión coincide con los períodos más secos proyectados, intensificando los desafíos en la provisión de agua potable.

Desde los patrones espaciales de captación de agua superficial, se identifican sectores con alta concentración de captaciones de agua. En algunos casos, esta presión local supera la capacidad de las fuentes, generando desequilibrios que, en combinación con las amenazas climáticas, ponen en riesgo la sostenibilidad del abastecimiento.

Se consideraron, además, determinantes ambientales que influyen en la exposición del territorio, como la presencia o ausencia de acuíferos. Estas variables no solo afectan la disponibilidad natural de agua, sino también aspectos que incidirán en la viabilidad de futuras soluciones.

Este enfoque permite orientar la identificación de sectores donde el estrés hídrico resulta de la interacción entre factores físicos, sociales y de ocupación territorial. Estos hallazgos se conectan directamente con los análisis sobre los SSR y las capacidades institucionales locales, desarrollados en la siguiente sección.

Un componente clave de este análisis es la revisión de las inversiones públicas y obras de infraestructura proyectadas en la Isla. A través del Banco Integrado de Proyectos y otras fuentes oficiales, se identificaron iniciativas que modifican la conectividad, el crecimiento urbano y la localización de nuevas viviendas y actividades económicas. Estos procesos, particularmente en zonas como Ancud, Castro y

Quellón, representan focos emergentes de presión sobre los recursos hídricos, lo que exige integrar la planificación sectorial con estrategias de gobernanza del agua en contextos de vulnerabilidad climática.

4.4. CRITERIOS A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS SSR DE LA ISLA GRANDE DE CHILOÉ

Una dimensión clave en la evaluación de la vulnerabilidad hídrica fue la caracterización de los SSR, principales responsables de la provisión de agua potable en zonas rurales y semiurbanas del territorio. La condición técnica, operativa e institucional de estos sistemas influye directamente en la capacidad de cada localidad para enfrentar escenarios de estrés hídrico.

Se analizó la seguridad de las fuentes de agua que abastecen a los SSR, identificando aquellas que dependen de cauces superficiales con caudales variables o limitados, y aquellas que extraen de fuentes subterráneas, cuya sostenibilidad fue evaluada cruzando datos con los balances hídricos por SHAC elaborados por la DGA (2022).

También se consideraron variables institucionales: grado de formalización de los comités o cooperativas, capacidades administrativas y financieras, acceso a asistencia técnica y articulación con municipios u otros actores. Estas condiciones influyen en la capacidad de los SSR para gestionar de manera eficiente el recurso hídrico y adaptarse a cambios en la disponibilidad.

A futuro, se considera relevante profundizar en aspectos técnicos de la infraestructura de los SSR, incluyendo el estado de estanques, redes de distribución, sistemas de tratamiento y capacidades de almacenamiento ante eventos críticos. Se anticipa que esta evaluación permitirá identificar limitaciones significativas que podrían comprometer la continuidad del servicio en escenarios de mayor escasez.

Adicionalmente, a futuro se espera vincular el análisis de inversiones proyectadas y obras requeridas con las condiciones actuales de los SSR, para identificar territorios con brechas relevantes de mejora y factibilidad de intervención. El levantamiento de información en terreno será crítico para esto.

En conjunto, esta caracterización entregará información valiosa para identificar zonas donde la vulnerabilidad hídrica es producto no solo de las amenazas climáticas, sino también de las estructurales e institucionales. Esta perspectiva se suma a las dimensiones hidroclimáticas, territoriales, medio ambiente y áreas protegidas, pueblos indígenas y gobernanza, y contribuye directamente a la priorización del área de estudio.

4.5. PROPUESTA DE ÁREA DE ESTUDIO

A partir del análisis de criterios (climáticos, territoriales, institucionales y técnicos) fue posible identificar áreas dentro de la Isla Grande de Chiloé que concentran altos niveles de vulnerabilidad hídrico-climática, junto con condiciones estructurales y operativas que dificultan la capacidad de respuesta ante escenarios futuros.

Los registros hidroclimáticos muestran una tendencia decreciente en la precipitación anual, especialmente marcada en el norte de la Isla, así como un aumento en la temperatura promedio y una

estacionalidad más aguda en las lluvias. Esta combinación (más días sin precipitación y lluvias concentradas en menos meses) se expresa en toda la Isla en forma relativamente homogénea. No obstante, para el SAHC de Ancud se observó una baja recarga en sus fuentes subterráneas, alta presión sobre las fuentes superficiales y subterráneas, y un aumento estacional de la demanda, asociado al crecimiento de la población flotante en verano. Adicionalmente, Ancud concentra nuevas presiones territoriales derivadas de la multiplicación de parcelaciones, inversiones públicas y la construcción del Puente Chacao, que refuerzan su condición de nodo estratégico de transformación. Se suman factores institucionales y técnicos. El SHAC Ancud presenta un balance hídrico subterráneo negativo en todos los escenarios analizados, y algunos SSR en la zona presentan características organizacionales, de abastecimiento y localización que podrían implicar mayores desafíos de adaptación frente a escenarios de estrés hídrico, lo que subraya la necesidad de profundizar en su evaluación a en futuras etapas del estudio.

A partir de la recopilación de antecedentes climáticos desde diversas fuentes de información, podemos establecer, respecto de las tendencias y cambios en las variables hidro climáticas del área de estudio que: La precipitación sobre la zona de estudio presenta una disminución en los montos anuales, desde 1960. Desde el año 2010 el déficit de precipitaciones ha sido extendido espacialmente y persistente temporalmente. La precipitación muestra alta variabilidad decadal, que afecta las condiciones de incerteza de los escenarios. La temperatura muestra un aumento en el periodo histórico y proyectado, que afecta el régimen término interanual. Se observa un cambio en la estacionalidad de las precipitaciones hacia una mayor concentración de precipitaciones, es decir, temporadas secas.
Respecto del análisis de las condiciones del balance hídrico, se observa: Una menor recarga debido a la disminución de la precipitación. Las variaciones en el balance hídrico son principalmente de ciclo anual, dadas la condición insular de la cuenca, i.e. descargas al mar y menor capacidad de almacenamiento en el suelo y acuíferos. Una tendencia negativa en los caudales que alimentan humedales (proxy ambiental) y de captaciones de agua potable urbana (proxy de oferta), derivados a la naturaleza pluvial del régimen de escorrentía. Uno de los SHAC (Ancud) presenta un balance hidrológico negativo que afecta el agua almacenada y la profundidad del nivel freático El aumento de los pozos de captación, que afecta las condiciones hidráulicas *locales*.
En la definición de los Indicadores de Vulnerabilidad y Riesgo Climático para la definición del área de estudio, se tiene: Los Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común (SHAC) que presentan valores negativos de balance hídrico (i.e. salidas >entradas) Las zonas con mayor concentración de pozos de captación de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas. Las zonas con un cambio de estacionalidad de las precipitaciones.

Tabla 11. Síntesis de las principales conclusiones del análisis climático - Fuente: elaboración Propia

Ancud se configura como un laboratorio territorial, dada su diversidad de condiciones operativas - una combinación de abastecimiento superficial y subterráneo-, formas de administración variadas y sistemas con antigüedad intermedia, ofreciendo una oportunidad estratégica para testear, validar y

escalar soluciones de adaptación. La zona permitiría, en una etapa siguiente, levantar información en profundidad para cubrir una mayor proporción del SHAC, aportando una base sólida para el diseño de intervenciones. **Por estas razones, el sector norte de la Isla (y especialmente la comuna de Ancud) se posiciona como la principal prioridad para un estudio más detallado y acciones concretas.**

El análisis también identificó en segundo orden de prioridad una zona central en torno a la comuna de Castro y su entorno inmediato, que, si bien presenta una situación menos crítica que la macrozona norte, 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 progresivo de su población, lo que incrementa la presión sobre los servicios e infraestructura hídrica.

En resumen, la propuesta de área de estudio se basa en identificar los sectores donde confluyen distintos factores de vulnerabilidad, y donde a su vez existen mayores dificultades para reaccionar o adaptarse. Esta priorización busca enfocar con más claridad los esfuerzos de planificación territorial, inversión en infraestructura y gestión del agua para **diseñar soluciones y propuestas que permitan responder mejor a los desafíos futuros** que plantea el cambio climático en Chiloé.

4.6. ACUERDO ÁREA DE ESTUDIO CON LA CONTRAPARTE:

A partir de la propuesta de área de estudio expuesta, y a través de un proceso de validación con la contraparte y representantes de la DOH regional, se acordó ampliar el foco territorial del estudio, de manera de poder visualizar la realidad de los SSR de la Isla Grande de Chiloé a través de sus diversos contextos geográficos, socioeconómicos y climáticos.

En forma conjunta con la contraparte se han definido los siguientes SSR como eje central del área de estudio:

Nombre Oficial Sistema	Comuna	SHAC	Año constitución	Nº arranques	Nº RES	Fecha	Tipo	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
COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL PINDACO - QUITRIPULLI	CHONCHI	HUILLINCO	2019	138	S/I	S/I	Superficial - subterranea	3	CONCENTRADO	SIN SANEAMIENTO

Nombre Oficial Sistema	Comuna	SHAC	Año constitución	Nº arranques	Nº RES	Fecha	Tipo	Caudal otorgado DGA (l/s)	TIPO_ASENTAMIENTO	CONDICIÓN_TÉCNICA_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

Tabla 13. SSR Area de Estudio - Fuente: elaboración Propia

5. INDICADORES DE VULNERABILIDAD Y RIESGLO CLIMATICO APLICADOS A LOS SSR DEL ÁREA DE ESTUDIO:

La elaboración de mapas de amenaza climática considera el cambio de frecuencia en estacionalidad y recurrencia de sequía. Por ello se propone utilizar el indicador de AMENAZA climática, en cuanto captura la ocurrencia de menores montos de precipitación y cambios en la estacionalidad de las precipitaciones. Preliminarmente entregamos una tabla con la propuesta de indicadores a evaluar en el área de estudio la cual ha sido generada a partir de Nicolás-Artero y Blanco (2024). Se aclara que esta es una aproximación preliminar basada en antecedentes bibliográficos. En una siguiente etapa viene un ajuste a la realidad de la Isla Grande de Chiloé que se realizará con los insumos de las entrevistas hechas en terreno y los resultados de la encuesta que se está aplicando.

Tabla 14. Propuesta de Indicadores para evaluar en área de estudio.

N	Dimensión de análisis	Indicadores Nicolás-Artero y Blanco (2024)	Indicadores	Relación y complementariedad
1	Disponibilidad de recurso	"Indicador 1. Fuente de agua en cantidad suficiente"	"Indicador 1, 2 y 3. Recurrencia de decretos de escasez Sobre otorgamiento de derechos Estrés hídrico basal"	Aporta contexto estructural y presión hídrica; Nicolás-Artero y Blanco (2024) observan su impacto organizacional.
2	Calidad del recurso	"Indicador 2. Fuente de agua de calidad suficiente"	—	Nicolás-Artero y Blanco (2024) analiza percepción comunitaria de calidad; no incluye esta dimensión.
3	Gestión técnica del servicio	"Indicador 3 y 4. Sistema sociotécnico asegura cantidad y calidad suficiente"	—	Nicolás-Artero y Blanco (2024) evalúa operatividad técnica de los sistemas comunitarios; no aborda esta escala.
4	Gestión organizacional y económica	"Indicador 5. Organización comunitaria y gestión económica sostenible"	"Indicador 5. APR sin derechos de agua"	Identifica vulnerabilidad legal; Nicolás-Artero y Blanco (2024) nanaliza sostenibilidad económica y participación.
5	Capacidades institucionales y redes	"Indicador 6. Conocimientos y redes de apoyo"	"Indicador 7. *Riesgo climático futuro"	Ambos evalúan adaptabilidad: Nicolás-Artero y Blanco (2024) desde gestión local; desde vulnerabilidad proyectada.

6	Legalidad y gobernanza	"Indicador 7. Fortalecimiento institucional y jurídico"	"Indicador 2 y 5. Sobreotorgamiento de derechos APR sin derechos de agua"	aporta contexto jurídico; Nicolás-Artero y Blanco (2024) estudia la institucionalidad desde dentro de las organizaciones.
7 *	Planificación de acuerdo a escenarios futuros	No incluye proyección	Si bien es cierto, entrega información de escenarios futuros, éstos han sido volcados como indicadores solo en la región de Coquimbo	Aporta escenarios climáticos futuros que podrían permitir proponer medidas, todo lo anterior, considerando lo aportado por todas las especialidades del estudio

Fuente: elaboración propia

Tabla 15. Cadenas de riesgo a analizar.

Cadena 1	Riesgo de pérdida de continuidad de suministro de agua potable en SSR			
Indicador	Indicador	Metodología	Fuente de Información	Escala espacial de análisis
Amenaza	1. Cambios en TEMPERATURA (aumento) 2. Cambios en Precipitación (disminución) 3. Sequía prolongada	Análisis historico y futuro a. TEMPERATURA b. Precipitación c. SPI	DMC, CR2	Provincia/Comuna
Exposición	1. Número de personas abastecidas por un arranque 2. Requerimiento de agua diario por persona	Cálculo de: a. producción mensual b. número de arranques c. número de habitantes d. consumo por persona	DOH INE comité SSR (entrevistas, encuestas)	SSR

Vulnerabilidad	1. Capacidad de almacenamiento per cápita 2. Tipo de abastecimiento 3. Insfraestructura (de acuerdo a Norma SSR) 4. Automatizacion a escala de: captación, tratamiento, almacenamiento e impulsión 5. Capacidad de gobernanza y gestión comunitaria del APR	a. Volumen de almacenamiento b. Habitantes c. Abastecimiento (superificial, subterránea, camiones aljibe: eventual o permanente) d. Panel de control e. Conocimiento de instrumentos administrativos (si/no). c. Capacidad financiera (si/no). d. Continuidad entre periodos administrativos (si/no). e. Honorarios para administración/gestión (si/no). g. Colaboración entre SSR (si/no).	DOH INE comité SSR (entrevistas, encuestas)	SSR
Capacidad Adaptativa	1. Incorporación tecnológica 2. Sistema de tratamiento de aguas residuales	a. Sistema automatizado/monitoreado de control de flujo por pérdidas en redes b. Monitoreo frente a pérdidas (fugas, conexiones informales) c. Tratamiento de agua residual	DOH INE comité SSR (entrevistas, encuestas)	SSR

Cadena 2	Riesgo de pérdida de continuidad de suministro de agua potable en SSR, por efecto del turismo			
Indicador	Indicador	Metodología	Fuente de Información	Escala espacial de análisis
Amenaza	1. Cambios en TEMPERATURA (aumento) 2. Cambios en Precipitación (disminución) 3. Sequía prolongada	Análisis historico y futuro a. TEMPERATURA b. Precipitación c. SPI	DMC, CR2	Provincia/Comuna

Exposición	1. Número de personas abastecidas por un arranque 2. Rango de abastecimiento por persona 3. Aumento de demanda por la población flotante	Cálculo de: a. producción mensual b. número de arranques c. número de habitantes d. Población flotante e. consumo por persona	DOH INE comité SSR (entrevistas, encuestas)	SSR
Vulnerabilidad	1. Capacidad de almacenamiento per cápita 2. Tipo de abastecimiento 3. Insfraestructura (de acuerdo a Norma SSR) 4. Automatizacion a escala de: captación, tratamiento, almacenamiento e impulsión 5. Capacidad de gobernanza y gestión comunitaria del APR	a. Volumen de almacenamiento b. Habitantes + %crecimiento por turismo (comunal) c. Abastecimiento (superificial, subterránea, camiones aljibe: eventual o permanente) d. Panel de control e. Conocimiento de instrumentos administrativos (si/no). c. Capacidad financiera (si/no). d. Continuidad entre periodos administrativos (si/no). e. Honorarios para administración/gestión (si/no). g. Colaboración entre SSR (si/no).	DOH INE comité SSR (entrevistas, encuestas)	SSR
Capacidad Adaptativa	1. Incorporación tecnológica 2. Sistema de tratamiento de aguas residuales	a. Sistema automatizado/monitoreado de control de flujo por pérdidas en redes b. Monitoreo frente a pérdidas (fugas, conexiones informales) c. Tratamiento de agua residual	DOH INE comité SSR (entrevistas, encuestas)	SSR

6. REFERENCIAS

Aguayo, R., León-Muñoz, J., Garreaud, R., & Montecinos, A. (2021). Hydrological droughts in the southern Andes (40–45°S) from an ensemble experiment using CMIP5 and CMIP6 models. *Scientific Reports, 11*(1), 5530. https://doi.org/10.1038/s41598-021-84709-3

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., & 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

Baez-Villanueva, O. M., Zambrano-Bigiarini, M., Miralles, D. G., Beck, H. E., Siegmund, J. F., Álvarez-Garreton, C., ... & Galleguillos, M. (2023). On the time scale of meteorological, soil moisture, and snow drought indices to assess streamflow drought over catchments with different hydrological regime: A case study using a hundred Chilean catchments. *EGUsphere*, 2023, 1–34. https://doi.org/10.5194/egusphere-2023-57

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

Boisier, J. P., Álvarez-Garreton, C., Cordero, R. R., Damiani, A., Gallardo, L., Garreaud, R. D., Lambert, F., Ramallo, C., Rojas, M., & 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 temperature dataset for the period 1960–2021 in continental Chile [Data set]. *Zenodo*. https://doi.org/10.5281/zenodo.7529682

Copernicus Climate Change Service. (2021). *CMIP6 climate projections* [Data set]. Climate Data Store (CDS). https://doi.org/10.24381/cds.c866074c

Consejo Nacional de Desarrollo Urbano. (2018). *Propuesta para implementar un sistema de planificación urbana integrada* [Informe técnico]. 35 pp.

Consejo Nacional de Desarrollo Territorial. (2025). *Diagnóstico para la actualización de la Política Nacional de Desarrollo Urbano*

Dirección General de Aguas (DGA). (2022). *Plan estratégico de gestión hídrica en las cuencas de las Islas Chiloé y circundantes* [Informe técnico SIT 507].

Duarte Vera, A. E., Vanhulst, J., & 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

Garreaud, R. D., Boisier, J. P., Rondanelli, R., Montecinos, A., Sepúlveda, H. H., & 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., & 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

Latoja, D., Lillo-Saavedra, M., Gonzalo-Martin, C., Godoy-Faúndez, A., Somos-Valenzuela, M., & 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

Liu, D., Tian, F., Lin, M., & 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

Martínez-Retureta, R., Aguayo, M., Stehr, A., Sauvage, S., Echeverría, C., & 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

Nicolas-Artero, C., & 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., & Arumí, J. L. (2014). On the use of standardized drought indices 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

Olmo, M. E., Bettolli, M. L., & 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

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].

Pizarro-Tapia, R., Ibáñez-Córdova, A., García-Chevesich, P., Vallejos-Carrera, C., Sangüesa-Pool, C., & Mendoza-Mendoza, R. (2020). The Chilean forest sector and its relationship with water resources. In *Water Resources of Chile* (pp. 301–315). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-38604-6_16

Ramírez, E., Modrego, F., Macé, J. C., & 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.

Rivera, J. A., & 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, D., Lillo, M., Uvo, C. B., Billib, M., & Arumí, J. L. (2012). Forecasting monthly precipitation in Central Chile: A self-organizing map approach using filtered sea surface temperature. *Theoretical and Applied Climatology, 107*(1), 1–13. https://doi.org/10.1007/s00704-011-0461-x

Román, Á., Barton, J. R., Bustos, B., & Salazar, A. (2015). *Revolución salmonera: Paradojas y transformaciones territoriales en Chiloé*. Colección Estudios Urbanos UC, RIL editores.

Salazar, Á., Thatcher, M., Goubanova, K., Bernal, P., Gutiérrez, J., & Squeo, F. (2024). CMIP6 precipitation and temperature projections for Chile. *Climate Dynamics, 62*(3), 2475–2498. https://doi.org/10.1007/s00382-023-06835-w

Schuster Olbrich, J. P., & 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

Sistema de Monitoreo Local del Agua. (2021). *Manual SIMOL*. Proyecto FONDEF ID19I10121. https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/31331

Valenzuela, I. L., Billi, M., Galleguillos, M., & Urquiza, A. (2024). Evaluación del riesgo ante el cambio climático de los servicios ecosistémicos de regulación y provisión de agua dulce en la Isla Grande de Chiloé, Chile. Bosque (Valdivia), 45(3), 461-471.

Walsh, R. P. D., & 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

7. ANEXOS

7.1. ANÁLISIS EXPLORATORIO DE BASES DE DATOS

Se está en proceso de realizar un análisis exploratorio de las bases de datos, para lo cual ya se ha depurado formatos de celdas y evaluado la dispersión de datos y consistencia de la información. Este análisis exploratorio se hizo con el programa R-Studio y da cuenta de las modificaciones que hubo que hacer para poder generar los gráficos presentados en la sección 3.3.3. Primero se presenta la depuración de la base de datos del Catastro Público de Derechos de Aprovechamiento de Agua de la DGA, actualizado al 30 de junio del 2025. Segundo se presenta el diagnóstico comparativo entre las bases de datos de SRR entregadas por la DOH Regional y DOH Central.

7.1.1. CATASTRO PÚBLICO DE DAA DE LA REGIÓN LOS LAGOS

El primer paso fue evaluar por consistencia de la naturaleza de los datos es decir que aquellos que representen valores numéricos tengan formato numérico, aquellos que representan categorías tengan formato carácter y las fechas estén en formato correcto (dd-mm-aaaa). Se tuvo cuidado de que las transformaciones a formato numérico no modificaran el valor original de las celdas.

Esta base de datos cuenta con 18.029 registros caracterizados a lo largo de 69 columnas. Lo primero que llama la atención es que de estos registros casi la totalidad es de tipo "chr", incluido "Caudal Anual Prom" y el "Caudal Ecológico", por lo que hubo que transformar estos a formato numérico. La depuración solo se hizo en los registros asociados a las siete comunas de la Isla Grande de Chiloé. Durante este proceso se detectaron dos asignaciones con valores extremadamente altos en relación al promedio, como se puede ver en la Figura 48, por lo que fueron excluidos del análisis subsecuente. Estos registros corresponden a la asignación "Patricia Barriga Gutiérrez" en la comuna de Chonchi, para uso Hidroeléctrico, con un caudal de 4.271.060 y 8.275.416 L/s.

Figura 57. Gráfico de cajas mostrando dispersión de valores del "Caudal Anual Prom L/s" para uso No Consuntivo.

7.1.2. ANÁLISIS COMPARATIVO BD DOH-REGIONAL Y DOH-CENTRAL

Previo a entrar en detalle de los resultados de este análisis, se comparte un breve diagnóstico de la comparativa de las bases de datos de la DOH regional (que llamaremos "base de datos regional") y la entregada por la DOH central, que se entiende que proviene de la DGA a nivel central (que llamaremos "base de datos central").

Respecto de las dimensiones de ambas bases de datos, considerando el total de las comunas de la provincia de Chiloé, la base de datos central cuenta con un total de 119 registros, mientras que la base de datos regional cuenta con un total de 121 registros. Al filtrar las siete comunas que corresponden a la Isla Grande de Chiloé, ambas bases de datos cuentan con un total de 92 registros (filas), para los cuales hay una coincidencia del 100% en las columnas referentes a: "RUT", "Año puesta en marcha", "ubicación geográfica de los SSR" y "nombre con el cual se identifica el SSR". Esto permite corroborar que ambas bases de datos están haciendo referencia a los mismos Sanitarios Rurales. Sin embargo, respecto del "Nº de arranques" un 42% de filas no coinciden en sus valores, es decir, 39 de los 92 SSR presentan valores diferentes entre ambas bases de datos. Excepto un caso, "Comité de Agua Potable Rural La Esperanza" (-5 arranques) la base de datos "regional" reporta más arranques que la base de datos "central", siendo la máxima diferencia de 173 arranques (Tabla).

Tabla 15. *Listado de SSR con diferencias en Nº de arranques entre las bases de datos "base de datos regional" -" base de datos central" - Fuente: Elaboración propia a partir de datos de DOH regional y DOH central*

Comuna	Nombre Comité	RUT	Diferencia entre arranques regional - central
CASTRO	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL LA ESPERANZA	65.862.739-9	-5
CHONCHI	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL RAUCO ALTO	56.087.750-1	1
ANCUD	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL CAULIN LA CUMBRE	65.250.110-9	1
CHONCHI	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL TERAO	65.316.340-1	1
QUEMCHI	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL QUICAVI UNIDAD VECINAL N°15	72.933.600-9	1
DALCAHUE	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL LOS ARRAYANES DE CALEN SAN JUAN	65.003.241-1	2
ANCUD	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL TANTAUCO	65.040.057-7	2
ANCUD	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURALPOTABLE RURAL PILLUCO	65.067.192-9	2
ANCUD	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL GUAPILACUY	65.037.534-3	4
CASTRO	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL QUILQUICO NORTE	65.082.004-5	4
ANCUD	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL HUELDEN- LAMECURA	65.102.657-1	4
ANCUD	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL DE CHAQUIHUAL	65.619.460-K	4
QUELLÓN	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL AGUAS CLARAS	65.004.868-7	5
QUEILÉN	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL ÑIDA	65.047.606-9	5
DALCAHUE	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL TENAÚN	72.257.900-3	5
ANCUD	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL BAHÍA LINAO	74.050.400-2	6
QUELLÓN	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL COINCO	75.739.300-K	6
CHONCHI	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL QUILIPULLI - ROMAZAL	65.005.536-5	7
ANCUD	COMITÉ DE AGUA POTABLE PUNTA CHILEN	65.005.107-6	8
ANCUD	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL DE CONIMO	65.071.090-8	8
ANCUD	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL HUICHA	65.091.539-9	9

CASTRO	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL DUCAN	65.062.522-6	10
QUEILÉN	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL LELBUN- AITUY	65.947.250-3	10
QUEMCHI	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL HUITE	65.111.717-8	11
DALCAHUE	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL DE QUETALCO	65.087.290-8	13
CASTRO	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL YUTUI	65.035.245-9	14
DALCAHUE	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL ÑIUCHO	65.068.528-8	14
CHONCHI	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL TEUPA	65.954.670-1	22
CHONCHI	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL EL PULPITO	75.229.000-8	22
DALCAHUE	SERVICIO SANITARIO RURAL PUCHAURAN	65.751.980-4	25
DALCAHUE	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL DE MOCOPULLI	65.068.230-0	31
CHONCHI	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL CANAN	65.083.317-1	31
ANCUD	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL PUGUENUN - PIHUIO	65.010.482-K	36
DALCAHUE	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL ASTILLEROS PUNAHUEL	65.077.592-9	36
CHONCHI	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL DICHAM	74.429.900-4	40
CHONCHI	COMITÉ PARA EL PROGRESO DE NALHUITAD	65.620.120-7	51
CASTRO	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL NERCÓN LOS AROMOS Y GAMBOA ALTO	75.763.700-6	68
ANCUD	ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE ANCUD	69.230.100-5	102
QUEILÉN	COMITÉ DE AGUA POTABLE RURAL QUEILEN	71.469.600-9	173

Por otra parte, la base de datos “regional” cuenta con 25 atributos descriptores (columnas) de los SSR, mientras la “central” considera 67, no estando considerados los atributos de: “Tipo de Asentamiento”, “Financiamiento Inicial”, “Condición técnica”, “Condición Técnica Saneamiento”, “Clasificación Artículo 106 D50” y “Existencia de Sistema de Tratamiento” en la base de datos “regional”; y “Caudal Otorgado por DGA (l/s), “Fuente Caudal Otorgado por DGA (l/s)” y “Tipo de Fuente” en la base de datos “central”.

Finalmente, en lo que respecta a las columnas relativas al balance hídrico de producción y consumo de los SSR, la base de datos regional presenta antecedentes sólo para 12 SSR tanto de la producción, facturado y pérdida de volumen de agua; mientras que la “central” presenta antecedentes para 43 SSR del volumen de agua producida, para 39 SSR el agua facturada y para 44 agua perdida. Para las 12 SSR que cuentan con información en ambas bases de datos respecto de este balance hídrico de producción y facturación de agua, no existe coincidencia en los valores.

7.1.3. LISTADO DE MODELOS CIMP6 DISPONIBLES EN EL EXPLORADOR DE AMENAZAS DE ARCLIM.

ACCESS-CM2
BCC-CSM2-MR
CAMS-CSM1-0
CESM2-WACCM
CESM2
CMCC-CM2-SR5

CMCC-ESM2
CNRM-CM6-1
CNRM-ESM2-1
CanESM5
EC-Earth3-CC
EC-Earth3-Veg-LR
EC-Earth3
FGOALS-g3
GFDL-ESM4
INM-CM4-8
INM-CM5-0 [r1i1p1f1]
IPSL-CM6A-LR
KIOST-ESM
MIROC-ES2L
MIROC6
MPI-ESM1-2-HR
MPI-ESM1-2-LR
MPI-ESM1-2-LR
MRI-ESM2-0
NESM3
NorESM2-LM
NorESM2-MM
TaiESM1