



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA DE AGUA POTABLE RURAL
(APR) ANTE PROBLEMAS DE ABASTECIMIENTO Y AUSENCIA DE
SANEAMIENTO EN LA ZONA SUR DE CHILE: CASO DEL APR BAHÍA MANSA**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL

MARÍA JOSÉ CHACÓN ZENTENO

PROFESORA GUÍA:
KATHERINE LIZAMA ALLENDE

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
MIGUEL LAGOS ZÚÑIGA
CLAUDIA MUÑOZ MOREIRA

SANTIAGO DE CHILE
2021

**RESUMEN DE MEMORIA PARA OPTAR AL
TÍTULO DE INGENIERA CIVIL**
POR: MARÍA JOSÉ CHACÓN ZENTENO
FECHA: 1 DE SEPTIEMBRE DE 2021
PROF. GUÍA: KATHERINE LIZAMA ALLENDE

ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA DE AGUA POTABLE RURAL (APR) ANTE PROBLEMAS DE ABASTECIMIENTO Y AUSENCIA DE SANEAMIENTO EN LA ZONA SUR DE CHILE: CASO DEL APR BAHÍA MANSÁ

Al año 2020, existen 1.962 Sistemas de Agua Potable Rural (APR) en Chile. Según estimaciones de la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales, estos sistemas abastecen de agua potable a cerca de 1.880.000 habitantes en zonas rurales. Pese a ello, no se tiene conocimiento del estado actual de funcionamiento de estos servicios a lo largo del país. Hoy en día existe una serie de APRs que presentan problemas en la producción y distribución del agua potable producidos principalmente por problemas de escasez y se han visto agravados por una crisis en la gestión desigual respecto al abastecimiento de agua a lo largo del territorio.

Dentro de las principales implicancias de la escasez en comunidades rurales, se destaca la disminución de la disponibilidad hídrica y el empeoramiento de calidad del agua las fuentes de abastecimiento, siendo el uso de camiones aljibes una alternativa que a lo largo de los años ha generado una precarización de las condiciones de acceso al agua, haciéndola insostenible.

Un ejemplo de lo descrito ocurre en la localidad de Bahía Mansa, ubicada en la comuna de San Juan de la Costa, provincia de Osorno en la X Región de Los Lagos, que durante los últimos 10 años el APR Bahía Mansa no ha podido garantizar el acceso al agua en cantidad, continuidad y calidad a sus usuarios en periodo estival. Bajo este contexto, este trabajo analiza el funcionamiento del sistema de APR Bahía Mansa, identificando que sus principales dificultades radican en problemas de infraestructura actual de su sistema de recolección y distribución de agua potable; escasa frecuencia de monitoreo de parámetros de calidad del agua potable; dificultades técnicas, financieras y de gestión del comité; sumado a problemas de oferta – demanda de agua.

El APR Bahía Mansa tiene puntos de captación de agua, uno en el río Tranallaguín y otro en el estero Sin Nombre. Para los años de estudio 2010-2018, en marzo se presentan los caudales medios mensuales mínimos de 5 [m³/s] y 31,2 [l/s] en dichos puntos de captación del APR, respectivamente. La cuenca delimitada por la captación en el río Tranallaguín presenta una seguridad hídrica del 94% en periodo estival, no así en la cuenca delimitada en el estero Sin Nombre, que cuenta con un 64% de seguridad hídrica en dicho periodo.

Respecto a las muestras puntuales de calidad del agua registradas en periodo estival, se observa presencia de coliformes totales, *Escherichia Coli*, y concentraciones de hierro y manganeso por sobre los 0,3 [mg/l] y 0,1 [mg/l] exigidos por la NCh N° 409, respectivamente, trayendo consigo principales efectos en el color y sabor del agua.

La baja disponibilidad hídrica en el estero Sin Nombre, problemas de calidad del agua asociado a ambas fuentes de captación, sumado a las dificultades de gestión del APR, ha incentivado la búsqueda de fuentes alternativas como medidas de adaptación ante los problemas de abastecimiento en periodo estival: sistema de captación y tratamiento de aguas lluvias con filtración directa y cloración, y un sistema de reutilización de aguas grises provenientes del hogar para su uso exclusivo en riego de pequeña agricultura. Además, se proponen medidas de fortalecimiento de administración del comité, mejora de infraestructura actual del sistema y una mayor frecuencia en el control de monitoreo de la calidad del agua. Este tipo de iniciativas promueven una mayor equidad y dignificación a los usuarios del APR Bahía Mansa, mejorando su calidad de vida.

*“Mucha gente pequeña,
en lugares pequeños,
haciendo cosas pequeñas,
puede cambiar el mundo”
Eduardo Galeano*

Agradecimientos

No puedo comenzar estas líneas, que describen el término de una etapa en mi vida, sin antes agradecer y dedicar este trabajo a mis padres, Iván y Kena, gracias por toda su entrega, tiempo, preocupación, herramientas y amor que me han dado durante toda mi vida. A mi familia, quienes han estado siempre entregándome su cariño y apoyo incondicional. En especial a mis lelas, por siempre compartirme su alegría y orgullo de tener a la primera nieta ingeniera, a mis tatas por acompañarme en mi corazón, y a mi prima Sofi por estar en todas conmigo.

Le agradezco a mi profesora guía, Katherine Lizama, por acompañarme en este proceso, enseñándome de manera dedicada y comprometida, por confiar en mis capacidades, y sobre todo por su calidad humana. A mi comisión integrada por el profesor Miguel Lagos, gracias por su profunda amabilidad para responder mis dudas y compartirme su conocimiento en hidrología, y Claudia Muñoz, gracias por tu total disposición y por enseñarme las falencias y desafíos de la gestión pública en territorios rurales del país.

Gracias a la Fundación para la Superación de la Pobreza por haber depositado su confianza en mi trabajo, espero que mis propuestas sean un verdadero aporte para sus intervenciones en el territorio.

Por otro lado, agradezco a las amistades que hice durante mi paso por la facultad. Siempre estaré inmensamente agradecida de todo su cariño, compañerismo, ayuda y todos los momentos vividos dentro y fuera de la universidad, en especial a Ale Isamit, Maxi Peña, Gabi Zúñiga, Vale Palma, Vale Arias, Cami Cuevas y Diego Oñate.

También, dar las gracias a las “Universixanas” y mi querido “Curso Pulento” por todas las locuras que hicimos juntas y juntos. Además, estoy profundamente agradecida de haber pertenecido a tremendos equipos humanos en la universidad que me entregaron un sinfín de aprendizajes y experiencias para toda la vida: Proyecto Gota, Proyecto Reinserción, Tutoría DIC y Apoyo Escolar.

Mención especial a mis amigas y amigos que conocí en otras etapas de mi vida, particularmente por el colegio y colonias de verano. Espero sigamos viéndonos crecer por muchos años más.

Y sé que mis perritos jamás leerán esto, pero de todos modos también les agradezco: Inti, Luna y Doggy, que junto a su compañía y amor puro termino de escribir esta página.

Tabla de contenido

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.2.2. Objetivos Específicos	2
1.3. Estructura del documento	3
2. Revisión Bibliográfica	4
2.1. Programa de Agua Potable Rural (APR)	4
2.2. Ley 20.998	9
2.3. Cobertura actual de acceso al agua potable y saneamiento rural	10
2.4. Calidad del agua potable en zonas rurales de Chile	18
2.5. Entrevistas y encuestas como fuentes de información	20
2.6. Transferencia de información entre cuencas	21
2.7. Escasez hídrica	22
3. Descripción de zona de estudio: Bahía Mansa	26
3.1. Ubicación	26
3.2. Caracterización socioeconómica	26
3.3. Delimitación y caracterización de cuencas	27
3.4. Clima	29
4. Metodología	31
4.1. Alcances	31
4.2. Levantamiento de información	31
4.3. Diagnóstico de sistema de abastecimiento y saneamiento	33
4.4. Disponibilidad hídrica	33
4.4.1. Caudales medios mensuales de estación fluviométrica	33
4.4.2. Caudales medios mensuales en cuencas delimitadas por captación APR Bahía Mansa (sin registro fluviométrico)	36
4.4.3. Evapotranspiración media mensual	37
4.4.4. Cambio en el almacenamiento medio mensual	38
4.5. Análisis oferta – demanda	39
4.6. Calidad de aguas	41
4.7. Levantamiento de propuestas	42
5. Resultados y discusión	46
5.1. Diagnóstico de sistema de abastecimiento y saneamiento	46
5.1.1. Cobertura	46
5.1.2. Tarifas	46
5.1.3. Derechos de Aprovechamiento de Aguas	47
5.1.4. Infraestructura	48
5.1.5. Plan de desarrollo local Bahía Mansa 2017-2021	50

5.1.6.	Dificultades APR Bahía Mansa.....	50
5.1.7.	Prácticas de adaptación	51
5.2.	Disponibilidad hídrica.....	52
5.2.1.	Caudales medios mensuales de estación fluviométrica.....	52
5.2.2.	Caudales medios mensuales en cuencas delimitadas por captación APR Bahía Mansa.....	54
5.2.3.	Pérdidas evapotranspirativas	55
5.2.4.	Balance hídrico.....	56
5.3.	Análisis oferta – demanda.....	57
5.4.	Calidad del agua.....	60
6.	Propuestas.....	65
6.1.	Medidas administrativas	65
6.2.	Medidas de control.....	66
6.3.	Medidas de mejora.....	67
6.4.	Fuentes alternativas.....	67
6.4.1.	Sistema de captación de aguas lluvias.....	68
6.4.2.	Reutilización de aguas grises	69
6.4.3.	Análisis económico	71
7.	Conclusiones y recomendaciones.....	74
7.1.	Acceso a información.....	74
7.2.	Análisis oferta – demanda.....	74
7.3.	Calidad del agua.....	75
7.4.	Medidas administrativas, mejora y control de monitoreo.....	75
7.5.	Evaluación de fuentes alternativas.....	76
7.6.	Trabajo futuro	76
	Bibliografía.....	78
	Anexos.....	85

Índice de Tablas

Tabla 2.1. Estructura y distribución de población rural.	6
Tabla 2.2. Actores interesados e involucrados en Programa de Agua Potable Rural.....	7
Tabla 2.3. Escenario normativo aplicable al abastecimiento y saneamiento de agua potable rural en Chile. Elaboración propia a partir de información disponible en DOH (2020).....	8
Tabla 2.4. Distribución de población a nivel nacional.	10
Tabla 2.5. Cantidad total de viviendas particulares ocupadas, por áreas, según origen del agua. Elaborado a partir del Censo 2017 (INE, 2018).	11
Tabla 2.6. Catastro de Sistemas de Agua Potable Rural por región a junio del 2020. Elaborado a partir de Subdirección de SSR-MOP, 2021.....	12
Tabla 2.7. Catastro de número de arranques de red de agua potable y población beneficiaria estimada por tipo de localidad a nivel regional a junio del 2020. Elaborado a partir de Subdirección de SSR-MOP, 2021.	14
Tabla 2.8. Distribución de APRs que cuentan con red pública de Alcantarillado y/o sistema de tratamiento de aguas servidas a diciembre 2020. Elaborado a partir de Subdirección de SSR-MOP, 2021.	15
Tabla 2.9. Catastro de número de arranques de red de alcantarillado y población beneficiaria estimada por tipo de localidad a nivel regional a diciembre del 2020. Elaborado a partir de Subdirección de SSR-MOP, 2021.	16
Tabla 2.10. Cantidad de APRs que cuentan (o no) con red de alcantarillado y/o tratamiento de aguas servidas a diciembre del 2020. Elaborado a partir de Subdirección de SSR-MOP, 2021.	17
Tabla 2.11. Nómina de parámetros de contaminación en fuentes de servicios del sector rural. Adaptado de SUBDERE (2018).	19
Tabla 3.1. Estimación de personas en situación de Pobreza por Ingreso por Comuna: Aplicación de Metodologías de Estimación para Áreas Pequeñas. Fuente: SAE, 2017.....	27
Tabla 3.2. Estimación de personas en situación de Pobreza Multidimensional por Comuna: Aplicación de Metodologías de Estimación para Áreas Pequeñas. Fuente: SAE, 2017.	27
Tabla 3.3. Información sobre cuencas delimitadas por puntos de captación APR Bahía Mansa..	28
Tabla 4.1. Actores considerados en el estudio.....	31
Tabla 4.2. Atributos seleccionados para caracterizar similitud física, climática e hidrológica. Elaborado a partir de Beck et al. (2016), Álvarez-Garretón et al. (2018).	34
Tabla 4.3. Atributos de estaciones candidatas. Elaborado a partir de base de datos CAMELS-CL.	35
Tabla 4.4. Identificación de estación fisicoquímica cercana a las cuencas de estudio. Latitud y longitud corresponde a la ubicación de la estación de medición de parámetros de calidad de aguas. Elaborado a partir de Mapa Hidroquímico Nacional, DGA (2019).	41
Tabla 4.5. Definición de plazos de ejecución.	43

Tabla 4.6. Definición de costos. Adaptado a la propuesta del diseño de captación de aguas lluvias a partir de las consideraciones planteadas por el MOP (2019).....	44
Tabla 5.1. Cargo fijo y variable según cantidad de [m ³] de agua consumidos. Fuente: Informe Profesionales Servicio País Bahía Mansa 2020-2021.	46
Tabla 5.2. Cantidad de caudal en [l/s] asociado a los distintos tipos de ejercicios. Fuente: DAA en favor de Comité de APR Bahía Mansa, año 2005.	48
Tabla 5.3. Agenda de Infraestructura y Equipamiento de Plan de Desarrollo Local 2017-2021. Fuente: I. Municipalidad de San Juan de la Costa, 2017.....	50
Tabla 5.4. Índices de Disimilitud (S) y distancias de estaciones candidatas con respecto a captación de APR en río Tranallaguin y estero Sin Nombre.	52
Tabla 5.5. Identificación de estación fluviométrica Tranallaguin en Carrico y atributos de su cuenca aportante. Elaborado a partir de División de Hidrología y Unidad SIG del División de Estudios y Planificación, DGA y CAMELS-CL.	53
Tabla 5.6. Coeficiente de determinación (R ²) e índices de disimilitud (S) de atributo de estaciones preseleccionadas con respecto a estación “Río Tranallaguin en Carrico”.....	53
Tabla 5.7. Caudales medios mensuales en [m ³ /s] de estación fluviométrica Tranallaguin en Carrico y puntos de captación del APR para períodos 2000-2018 y 2010-2018. Elaboración propia con base de datos de la DGA.....	55
Tabla 5.8. Evapotranspiración real [mm] en captación río Tranallaguin y estero Sin Nombre para período 2000-2018 y 2010-2018. Elaboración propia a partir de producto grillado CR2MET.	56
Tabla 5.9. Comparación de demanda de agua potable actual y la sugerida por OMS (2013) y SUBDERE (2015).	58
Tabla 5.10. Tipos de usos de DAA que se encuentran dentro de la cuenca delimitada por las captaciones del APR Bahía Mansa en río Tranallaguin y estero Sin Nombre. Elaborado a partir de base de coordenadas de DGA depurada de Budde (2020).	58
Tabla 5.11. Oferta-demanda para cuencas delimitadas por punto de captación en periodo 2000-2018.	58
Tabla 5.12. Oferta-demanda para cuencas delimitadas por punto de captación para meses noviembre-marzo y abril-octubre en periodo 2000-2018.....	59
Tabla 5.13. Escorrentía media anual histórica y futura en [mm/año], y variación de escorrentía anual en [%] de las Cuencas Costeras entre Río Bueno y Río Maullín para cada modelo GCM.	59
Tabla 5.14. Caudales asociados a la escorrentía media anual en puntos de captación del APR del río Tranallaguin y estero Sin Nombre para periodo 2000-2018 y proyectado.	59
Tabla 5.15. Detalle de registros de informes con mediciones de calidad del agua asociados al APR Bahía Mansa.	63
Tabla 5.16. Resultados de mediciones puntuales de parámetros de calidad de agua del año 2018 - 2020, y comparación con límites de la norma chilena NCh N° 409/2005. Recopilado a partir de informes de Laboratorio de Salud Pública de Osorno y Laboratorio de Calidad del Agua Cooprinsem.	63

Tabla 5.17. Resultados de medición de parámetros de calidad de agua y comparación con límites de la norma chilena NCh N° 409/2005. Recopilado de informes de Laboratorio de Calidad de Aguas Cooprinsem con mediciones puntuales del año 2021.	64
Tabla 6.1. Líneas de acción para fortalecer el funcionamiento del comité APR Bahía Mansa. ...	66
Tabla 6.2. Parámetros para medir según NCh N° 409/1, frecuencia de muestreo según NCh N° 409/2 y costos anuales de muestreo disponibles considerando cotización en Laboratorio Calidad del Agua Cooprinsem.	66
Tabla 6.3. Propuestas de mejora en infraestructura actual de APR Bahía Mansa y tiempo estimado en implementación.	67
Tabla 6.4. Precipitaciones medias mensuales al 90% de probabilidad de excedencia [mm].	68
Tabla 6.5. Volumen captado [m ³] considerando áreas de captación [m ²] con un coeficiente de escorrentía de 0,85. Elaborado a partir de Manual de diseño y construcción de sistemas de captación de aguas lluvias en zonas rurales de Chile (UNESCO, 2015).	68
Tabla 6.6. Caudal diario estimado en [l/d] considerando distintas áreas de captación [m ²].	69
Tabla 6.7. Caudales por artefacto e intensidad de uso diario. Recuperado de MINVU, 2018 a partir de LEED BD+C, 2009 y Manual CES, 2014.	70
Tabla 6.8. Costos de inversión de sistema de captación de aguas lluvias con sistema de filtración directa y cloración.	72
Tabla 6.9. Costos de operación de sistema de captación de aguas lluvias con sistema de filtración directa y cloración.	72
Tabla 6.10. Costos de mantenimiento de sistema de captación de aguas lluvias con sistema de filtración directa y cloración.	73
Tabla 6.11. Costos de reposición de sistema de captación de aguas lluvias con sistema de filtración directa y cloración.	73
Tabla 6.12. Resumen de costos.	73

Índice de Figuras

Figura 2.1. Gráfico de población urbana rural según región. Fuente: INE Censo, 2017.	11
Figura 2.2. Gráfico de cobertura de acceso al agua potable rural. Fuente: Base de datos Programa APR, INE, 2017.	12
Figura 3.1. Mapa de localidad de Bahía Mansa.	26
Figura 3.2. Mapa cuencas delimitadas por puntos de captación de APR Bahía Mansa.	28
Figura 3.3. Curvas hipsométricas de cuencas delimitadas por punto de captación en río Tranallaguin y estero Sin Nombre.	29
Figura 3.4. Climograma de zona de estudio para período 2000-2018 (figura a) y periodo 2010-2018 (figura b). Elaborado a partir de datos CR2MET.	30
Figura 5.1. Cantidad y porcentaje de inscritos respecto al total, a octubre del 2020. Fuente: APR Bahía Mansa.	47
Figura 5.2. Cantidad y porcentaje de encuestados con conocimiento de definición de tarifa asociada al acceso al agua potable. Fuente: Entrevistas realizadas a usuarios de APR Bahía Mansa, 2020.	47
Figura 5.3. Mapa de distribución geográfica de puntos de captación y almacenamiento de agua.	48
Figura 5.4. Esquema de sistema de captación, tratamiento, almacenamiento y distribución de APR Bahía Mansa. Elaboración propia a partir de Plan de Mejoramiento Servicio de Agua Potable Rural de Bahía Mansa, Comuna San Juan de la Costa, Región de los Lagos, MOP (2001).	49
Figura 5.5. Propuestas de adaptación a la escasez hídrica según usuarios encuestados. Fuente: Encuestas realizadas a usuarios de APR Bahía Mansa, 2020.	51
Figura 5.6. Coeficientes de Pardé de cuencas candidatas para relleno de información fluviométrica en estación “Río Tranallaguin en Carrico.	54
Figura 5.7. Caudales medios anuales y tendencia lineal con pendiente -0,207 de registros históricos en estación fluviométrica Tranallaguin en Carrico. Datos registrados período 2000-2018 por DGA.	54
Figura 5.8. Caudales medios mensuales a 85% de Probabilidad de Excedencia de captación de APR en río Tranallaguin, para ambos periodos de estudio. Elaboración propia con base de datos de la DGA.	55
Figura 5.9. Caudales medios mensuales a 85% de Probabilidad de Excedencia de captación de APR en estero Sin Nombre, para ambos periodos de estudio. Elaboración propia con base de datos de la DGA.	55
Figura 5.10. Variación anual de componentes de agua en [mm] en captación APR en estero Sin Nombre para el período 2000-2018.	56
Figura 5.11. Diagrama de Wundt captación APR en estero Sin Nombre para el período 2000-2018.	57
Figura 5.12. Diagrama de Wundt captación APR en estero Sin Nombre para el período 2010-2018.	57

Figura 5.13. Variación de caudales medios anuales según porcentaje de cambio asociado a cada modelo GCM.	60
Figura 5.14. Evolución temporal de concentración de hierro [mg/l] para año completo y periodo estival.	61
Figura 5.15. Evolución temporal de concentración de pH [-] para año completo y periodo estival.	61
Figura 5.16. Evolución temporal de concentración de SDT [mg/l] para año completo y periodo estival.	62
Figura 5.17. Evolución temporal de temperatura [°C] para año completo y periodo estival.	62
Figura 6.1. Diseño de sistema de captación de aguas lluvias.	69
Figura 6.2. Diseño de sistema de reutilización de aguas grises. Extraído de Morales (2012).	71

Índice de Anexos

Anexo A. Requisitos de calidad para el agua potable – Norma Chilena NCh409/1 of. 2005.....	85
Anexo B. Caracterización climática de Bahía Mansa.	86
Anexo C. Encuesta utilizada para la estimación de la demanda, tipos de usos de agua y percepción de la administración de agua.....	88
Anexo D. Entrevista utilizada para analizar el manejo del APR ante problemas de abastecimiento y ausencia de saneamiento en Bahía Mansa.	91
Anexo E. Cuadro meteorológico de duración media de día en horas de sol (Ni) para diferentes latitudes. Extraído de Cuadro A2.7 de Manual para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (Allen, R. et al., 2006).....	92
Anexo F. Derechos de Agua asociados al comité de Agua Potable Rural de Bahía Mansa.	93
Anexo G. Índice de disimilitud, régimen hidrológico y coeficientes de determinación (R^2).....	99
Anexo H. Balance hídrico en cuencas delimitadas por puntos de captación APR Bahía Mansa.	101
Anexo I. Demanda y usos de agua por muestra de usuarios encuestada.	102
Anexo J. Informes de Calidad del Agua asociados al APR Bahía Mansa.	104
Anexo K. Detalle de diseño de sistema de captación de aguas lluvias. Elaborado con software Fusion 360 Autodesk.	108
Anexo L. Presupuesto de sistema de captación de aguas lluvias.	109
Anexo M. Presupuesto de sistema de reutilización de aguas grises. Adaptado de Morales (2012) con precios actualizados al 2021.	110
Anexo N. Valor asociado al consumo eléctrico de los equipos necesarios del sistema de captación de aguas lluvias. Elaboración propia a partir de especificaciones técnicas de cada equipo.	110

1. Introducción

1.1. Motivación

Al año 2020 la población rural en Chile se estima en alrededor de 2,2 millones de personas (Instituto Nacional de Estadísticas, 2017). De esta, cerca de un 70% es atendida por el Programa de Agua Potable Rural (APR) de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) del Ministerio de Obras Públicas (MOP). Sin embargo, el otro 30% es atendido por sistemas construidos por otros organismos públicos, soluciones particulares autorizadas por el Ministerio de Salud (MINSAL), empresas sanitarias u otras empresas privadas (MOP, 2018).

Pese a lo anterior, el escenario normativo aplicable al abastecimiento y saneamiento de agua que se regía el Programa de Agua Potable Rural, hasta noviembre del 2020, no permitía avanzar en un desarrollo más sostenible tanto en sus servicios como en las comunidades y organizaciones en la que opera. Esto se suma al uso mayoritario de tratamientos de agua potable de alto costo de inversión, operación y mantención debido a que no existen incentivos ni conocimiento para el uso de tratamientos sostenibles en el tiempo (Donoso et al., 2015).

Uno de los principales desafíos es la implementación de un programa integral que incorpore el abastecimiento y saneamiento rural en su totalidad, dado que hoy el Estado interviene de manera desarticulada en distintas localidades rurales concentradas, semiconcentradas y dispersas del país. Debido a esto, se requiere de la existencia de una normativa jurídica que regule aspectos técnicos, normativos, tarifarios y de gestión de las organizaciones comunitarias acerca del abastecimiento y saneamiento de las aguas rurales (Fundación Amulén, 2019), donde la implementación de la nueva Ley 20.998 tiene como propósito regular los servicios sanitarios rurales del país.

Una correcta administración del Programa de APR, sumado a una gestión eficiente del agua promueven una mayor equidad y dignificación a la población que vive en situación de pobreza y exclusión social, mejorando la calidad de vida de las personas (AIDIS Chile, 2016). Es debido a esto que surgen interrogantes respecto a cuáles son los criterios adecuados de gestión que deben utilizar las Cooperativas y Comités de APR para poder entregar agua potable y garantizar el saneamiento a toda su comunidad. Es fundamental definir con claridad los principales desafíos a los que se podría enfrentar producto a situaciones extremas asociadas a la escasez de agua, para así, brindar posibles soluciones acorde a las realidades de los territorios afectados, entregando herramientas para hacer un uso de agua más consciente.

En Chile, hay una serie de localidades rurales que presentan problemas de acceso y saneamiento de agua, este se produce principalmente por la gestión desigual respecto al abastecimiento y tratamiento de aguas a lo largo del territorio y se ve exacerbado producto del cambio climático (Fundación Amulén, 2019), el cual cada vez se hace más presente. Existe urgencia y preocupación debido a la extrema sequía que experimenta el país desde el año 2010 en la que se ha presentado un déficit de precipitaciones cercano al 30% entre las regiones del Biobío y Los Lagos (Centro de Ciencia del Clima y Resiliencia, 2015).

Lo anterior implica poner atención a lo que sucede en las fuentes de agua, pero también en el manejo de la demanda, existiendo una variedad de aspectos que se deben analizar al momento de

entender a los Comités y Cooperativas de APR en la administración del agua potable, considerando las características particulares que definen a cada territorio (Fundación Newenko, 2019). Estos son factores esenciales para la construcción de una cultura hídrica que sea contemplada en los planes de implementación del programa público a nivel local, regional y nacional.

En particular, la disminución de precipitaciones y caudales en ríos y esteros, en período estival durante los últimos años en la zona sur del país, sumado a los problemas de infraestructura y administración particulares de cada localidad, han provocado que a un porcentaje cercano al 60% de la población de las comunas rurales comprendidas entre las regiones del Biobío y Los Lagos (Instituto Nacional de Estadísticas, 2018) no se les pueda garantizar cobertura de abastecimiento que cumpla con condiciones mínimas de continuidad, calidad y cantidad de agua potable para distintos usos (Recabarren, 2016).

Un ejemplo ocurre en la localidad de Bahía Mansa, ubicada en la comuna de San Juan de la Costa, provincia de Osorno en la X Región de Los Lagos, Chile. Bahía Mansa es un balneario rural que se caracteriza por pertenecer a una de las comunas más vulnerables del país (Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo, 2017) y que, a su vez, presenta altas tarifas asociadas al abastecimiento de agua potable en su región.

Durante los últimos 10 años, el comité APR Bahía Mansa ha presentado problemas de abastecimiento adecuado en cantidad, continuidad y calidad de agua durante el período estival producto de la disminución de precipitaciones y caudales de sus principales fuentes de abastecimiento, el río Tranallaguín y estero Sin Nombre (Contreras, 2020). Sumado a ello, no tienen sistema de saneamiento de aguas residuales y no cuentan con el apoyo y conocimiento suficiente para solucionar los problemas de infraestructura en sus sistemas de captación, tratamiento y distribución de agua potable. La falta de elaboración de propuestas que brinden soluciones concretas ha traído molestias reiteradas de sus usuarios (Contreras, 2020). Este es un caso representativo de lo que ocurre actualmente en varias localidades que se ubican en la zona sur del país (Alvarado, 2020).

Bajo este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo analizar el funcionamiento del sistema de APR Bahía Mansa y brindar alternativas de solución ante los problemas de abastecimiento de agua potable. Además, se describen propuestas que, a través de un enfoque de participación territorial, poseen alto potencial para ser replicado en diversas localidades del sur del país.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Este trabajo tiene como principal objetivo analizar el funcionamiento del sistema de APR Bahía Mansa y proponer medidas de adaptación ante problemas de abastecimiento de agua potable y ausencia de saneamiento.

1.2.2. Objetivos Específicos

El trabajo contempla siguientes objetivos específicos:

1. Identificar sistema actual y fuentes de abastecimiento de agua potable en Bahía Mansa, describiendo prácticas de adaptación existentes frente a la seguridad hídrica y sanitaria.
2. Caracterizar las fuentes de abastecimiento de agua potable, considerando la continuidad, cantidad, calidad y actuales usos en periodo estival.
3. Proponer líneas de acción para fortalecer el funcionamiento de APR Bahía Mansa y brindar alternativas de solución ante los problemas de abastecimiento de agua potable en periodo estival y ausencia de saneamiento en la localidad.

1.3. Estructura del documento

El contenido del informe está distribuido de la siguiente manera:

Capítulo 2 “Revisión Bibliográfica”: Se describe el Programa de Agua Potable Rural, contexto institucional y normativo actual, su vinculación con la ley 20.998, la cobertura actual de saneamiento rural y regulación de calidad del agua potable en Chile. Luego, se describen técnicas para el levantamiento de datos como son las entrevistas, las encuestas, la transferencia de información fluviométrica, y se introduce el concepto de escasez hídrica como un problema que agrava la implementación del marco normativo de los servicios sanitarios rurales, exponiéndose prácticas de adaptación a la escasez en la zona sur del país.

Capítulo 3 “Descripción de zona de estudio: Bahía Mansa”: Se presentan los antecedentes geográficos y socioeconómicos de San Juan de la Costa, comuna a la que pertenece Bahía Mansa. Además, se caracteriza el clima y las cuencas de estudio, delimitadas por los puntos de captación a nombre del APR Bahía Mansa.

Capítulo 4 “Metodología”: Se describen los alcances del trabajo, las técnicas utilizadas para el levantamiento de información, y la metodología empleada para caracterizar las fuentes de abastecimiento de agua potable en Bahía Mansa a través de la estimación de la disponibilidad hídrica, descripción de calidad del agua, y análisis oferta – demanda actual y futura. Finalmente, se levantan propuestas con perspectiva territorial que contienen medidas administrativas, control de monitoreo, mejora de infraestructura y exploración de fuentes alternativas.

Capítulo 5 “Resultados y discusión”: Se caracterizan los sistemas de producción y distribución de agua potable, y ausencia de recolección, tratamiento y disposición final de aguas servidas del APR Bahía Mansa, y se describen las dificultades para mejorar su sistema actual. Luego, se caracteriza la cantidad y calidad de agua de las fuentes de abastecimiento, principales tipos de usos según usuarios del APR, y se realiza un análisis oferta – demanda de agua potable bajo escenario actual y futuro.

Capítulo 6 “Propuestas”: Se proponen medidas de mejora asociada a la infraestructura actual del sistema de producción y distribución de agua potable rural; medidas administrativas para fortalecer la gestión del comité APR, medidas de control de monitoreo de calidad de aguas. Además, se propone un sistema de captación de aguas lluvias con filtración directa y cloración, y un sistema de reutilización de aguas grises para riego de pequeña agricultura, como potenciales fuente de alternativa de abastecimiento de agua en periodo estival.

Capítulo 7 “Conclusiones y recomendaciones”: Se presentan las principales conclusiones y recomendaciones del trabajo.

2. Revisión Bibliográfica

El presente capítulo recopila los antecedentes y conceptos que son relevantes para comprender el funcionamiento del Programa de Agua Potable Rural y los problemas vinculados al abastecimiento y saneamiento de agua en la zona sur de Chile. En la primera parte se describe el Programa de Agua Potable Rural, contexto institucional y normativo actual, su vinculación con la ley 20.998 y la cobertura actual de saneamiento rural.

Luego, para fines aplicables a este trabajo, se presenta la regulación de calidad del agua potable en zonas rurales del país, se describe el uso de fuentes de información primaria mediante la realización de entrevistas y encuestas, y la transferencia de información fluviométrica de una cuenca con información registrada a otra con escasa información, con el objetivo de lograr levantar información que permita describir la cantidad, continuidad y calidad del agua potable rural en la zona de estudio.

Finalmente, se introduce el concepto de escasez hídrica como un problema que agrava la implementación del marco normativo de los servicios sanitarios rurales y se exponen algunas prácticas de adaptación a la escasez en la zona sur del país.

2.1. Programa de Agua Potable Rural (APR)

En el año 1964 se creó el Programa de Agua Potable Rural con la adopción del Plan Básico de Saneamiento Rural. Este plan nace a partir de la Resolución de la XII Asamblea Mundial de la Salud del año 1959, que estableció como prioritario el abastecimiento público de agua, y el Acuerdo de Carta de Punta del Este del año 1961, firmada por los ministros de Salud de América Latina, el cual estableció como meta el abastecimiento de agua potable al 50% de la población rural en la década de 1960-1970.

El objetivo del programa de ese entonces daba respuesta a los graves problemas sanitarios y al déficit de abastecimiento de agua potable en las localidades rurales concentradas del país. Actualmente el programa tiene como fin “contribuir a mejorar las condiciones de salud y bienestar de la población rural” con el propósito de que la “población residente en localidades rurales concentradas y semiconcentradas acceda a un sistema de agua potable rural que provea un servicio en cantidad, calidad y continuidad en conformidad a la normativa vigente” (MOP, 2018).

Para comprender la definición anterior, se debe entender por cantidad el consumo máximo cubierto por el subsidio al pago de consumo de agua potable y servicio de alcantarillado. Este se calcula a través de la estimación de la demanda diaria con fines de consumo residencial, estimada por el Ministerio de Desarrollo Social y Familia (MDSF) en 100 a 150 [l/hab/d]. Esta cantidad coincide con el tope máximo de 15 [m³] al mes que el Estado subsidia a las familias consideradas vulnerables. En cuanto a la calidad, esta se define según la normativa vigente para agua potable: Norma Chilena N° 409 (Instituto Nacional de Normalización [INN], 2005).

Desde un principio el Programa de Agua Potable Rural buscó el desarrollo de las familias rurales a través del otorgamiento de agua que garantice condiciones mínimas de salud y desarrollo social, siendo sus principales objetivos:

1. Dotar de agua potable a la población rural en calidad, cantidad y continuidad.
2. Disminuir la tasa de mortalidad y morbilidad originada por enfermedades de origen hídrico.
3. Promover el desarrollo económico y social de las localidades atendidas.

Para lograr sus objetivos, el programa proporciona un sistema de infraestructura de agua potable rural a localidades rurales concentradas y semiconcentradas, que cumplen con los estándares técnicos de la DOH pertenecientes al MOP y los estándares de evaluación socioeconómica del MDSF. Se da la posibilidad que las comunidades se organicen en comités¹ y posteriormente en cooperativas², los cuales están constituidos por un conjunto de usuarios que administran y operan los sistemas de agua potable rural en sus respectivas localidades.

Para poder llevar a cabo el programa, el Estado se hace cargo de los costos asociados a la inversión, mientras que los costos operacionales y de mantención son financiados con los cobros de tarifa a los usuarios beneficiarios del sistema de APR del sector. Las inversiones en mejoramiento y expansión buscan incrementar la oferta máxima de abastecimiento de agua potable, mientras que las inversiones en mantención tienen como propósito aumentar la calidad del servicio (presión, calidad del agua y cantidad) y/o disminuir las pérdidas. Otro de los componentes del programa es que debe recibir asesoría, capacitación y supervisión en aspectos técnicos, administrativos, financieros y organizativos de los comités y cooperativas.

Sin embargo, la provisión de los servicios de agua potable para las áreas rurales en condiciones de calidad, continuidad y cantidad es un desafío que demanda trabajo debido a las características particulares propias de la ruralidad. Dentro de estas, Carrasco (2011) destaca las siguientes:

- i) Dispersión de las viviendas.
- ii) Limitaciones y características geográficas.
- iii) Bajo nivel socioeconómico de los habitantes.
- iv) Bajo uso de tecnologías de tratamiento no convencionales para la provisión de los servicios.
- v) Dificultades para ofrecer asistencia técnica y capacitación a los prestadores de los servicios que generalmente cuentan con una reducida capacidad financiera, administrativa y técnica.

En cuanto a la distribución de las viviendas, es importante señalar que según las definiciones del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y del ex Departamento de Programas Sanitarios (actual Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales) del MOP, las comunidades rurales se estructuran de acuerdo a su densidad poblacional en: concentradas, semiconcentradas y dispersas. En la Tabla 2.1 se presentan las definiciones y distribución de población rural.

¹ Los comités se rigen por la Ley N° 19.418 de 1995 sobre juntas de vecinos y demás organizaciones comunitarias, la cual reconoce a los comités como organizaciones comunitarias funcionales, sin fines de lucro, de duración indefinida, ilimitado número de socios y cuya personalidad jurídica se obtiene por el mero hecho de constituirse conforme a lo establecido por la ley (Fuenzalida, 2011).

² Las cooperativas son empresas que, en concordancia con los principios de auto ayuda, auto administración y auto responsabilidad, tienen como objetivo mejorar las condiciones económicas de sus socios. Estas organizaciones disponen de un marco regulatorio propio conformado por la Ley de Cooperativas del DFL N° 5 de 2004 y su reglamento, que junto con otras normas e instructivos de tipo contable y administrativo son dictados por el Departamento de Cooperativas del Ministerio de Economía (Fuenzalida, 2011).

Tabla 2.1. Estructura y distribución de población rural.

Localidad	Definición ^(a)	Población estimada al año 2017 [hab] ^(b)
Concentrada	Localidad con un mínimo de 150 habitantes una concentración de al menos 15 viviendas por kilómetro de red de agua potable.	1.500.000 ^(c)
Semiconcentrada	Localidad con un mínimo de 80 habitantes y una concentración que tiene entre 8 y 15 viviendas por kilómetro de red de agua potable.	300.000 ^(d)
Dispersa	Localidad con menos de 80 habitantes o una concentración menor a 8 viviendas por kilómetro de red de agua potable.	400.000 ^(e)

Fuente: ^(a) ex DPS-MOP (2010). ^(b) MOP (2018) ^(c) Esta cifra se descompone en 1.100.000 habitantes que viven en entidades rurales y 400.000 habitantes en entidades urbanas según definición del INE. ^(d) y ^(e) Estas cifras corresponden a población que vive en entidades rurales según definición del INE.

Respecto al marco institucional, el organismo que se encarga del Programa de APR es la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales (Subdirección de SSR), que se encuentra bajo la DOH dependiente del MOP. A su vez, existe una serie de instituciones con competencias en la materia que pertenecen al gobierno central, como son el MINSAL, MDSF, Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE) del Ministerio del Interior y Seguridad Pública. A nivel local, se encuentran los Gobiernos Regionales (GORE), las Unidades Técnicas Regionales, los Municipios, los Comités y Cooperativas de APR y sus usuarios. En la Tabla 2.2 se encuentra una breve descripción de las labores de los actores involucrados en el Programa de APR, y en la Tabla 2.3 se describe el escenario normativo que aplica al abastecimiento de agua potable rural en Chile.

Tabla 2.2. Actores interesados e involucrados en Programa de Agua Potable Rural.

Alcance	Actor	Descripción
Organismos dependientes del MOP	Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales	Encargada de coordinar y gestionar la administración, y controlar y registrar los recursos financieros del programa (Donoso, 2015). Es dependiente de la DOH y conocida como el Ex DPS y Ex SAP, una vez entra en vigencia la Ley N° 20.998, en noviembre del 2020.
	Dirección General de Aguas (DGA)	Encargada de otorgar los Derechos de Aprovechamiento de Aguas (DAA) (Donoso, 2015).
Organismos del Gobierno Central	MINSAL	Fiscaliza que el agua sea apta para el consumo humano según normativa a través del Servicio de Salud.
	MDSF	Participa en la evaluación de los proyectos y en la aprobación de la inversión pública por medio del otorgamiento de Recomendación Sin Condiciones (RS), lo que permite que un proyecto se ejecute o no (Donoso, 2015).
	MINVU	Responsable de establecer las normas, políticas y programas en materia de vivienda tanto urbana como rural, en cuya estructura se inserta la infraestructura sanitaria de agua potable y alcantarillado (Villaroel, 2012).
	SUBDERE	Participa indirectamente a través de la asignación y provisiones para inversiones complementarias como son las de electrificación rural, saneamiento y otros (Donoso, 2015). Es dependiente del Ministerio del Interior y Seguridad Pública.
Organismos Locales	GORE	Los consejeros regionales aprueban o rechazan las propuestas de los Intendentes ³ para la priorización de proyectos de financiamiento, y deciden entre que Sistemas de Agua Potable Rural reciben subsidio acorde a requisitos.
	Unidades Técnicas Regionales	Asisten de manera técnica, administrativa y legal a los Comités y Cooperativas de Agua Potable Rural. Son representadas por Empresas Concesionarias de Servicios Sanitarios (Donoso, 2015).
	Municipios	Definen los instrumentos de Planificación Territorial y otorga la personalidad jurídica a los Comités (Villaroel, 2012).
	Comités y Cooperativas	Encargados de distribuir agua potable de acuerdo a capacidad técnica del servicio y a las normas sanitarias vigentes, recaudan fondos del servicio con el compromiso de administrar, operar mantener el servicio, así como crear un fondo para la reposición y ampliación de instalaciones.
	Usuarios	Son las personas que reciben algún servicio sanitario rural.

³ Representan al poder ejecutivo del Gobierno Regional.

Tabla 2.3. Escenario normativo aplicable al abastecimiento y saneamiento de agua potable rural en Chile.
Elaboración propia a partir de información disponible en DOH (2020).

Año	Descripción normativa aplicable al abastecimiento y saneamiento de agua rural en Chile
1968	Decreto con Fuerza de Ley (D.F.L.) N° 725 Código Sanitario que regula las aguas, sus usos sanitarios y aprueba los sistemas sanitarios para habitar las viviendas.
1969	Decreto Supremo (D.S.) N° 735 que aprueba el reglamento que establece los Requisitos del Agua para Consumo Humano señalando que “todo servicio de agua potable deberá proporcionar agua de buena calidad en cantidad suficiente para abastecer satisfactoriamente a la población que le corresponde atender, debiendo, además, asegurar la continuidad del suministro contra interrupciones ocasionadas por fallas de sus instalaciones o de su explotación”.
1971	Norma chilena (NCh) N° 777 que regula el agua potable, fuentes de abastecimientos y obras de captación, terminología, clasificación y requisitos.
1978	NCh N° 1.333 que establece los Requisitos de Calidad de Agua para diferentes usos.
1981	D.F.L. N° 1122 Código de Aguas regula a las aguas terrestres y del derecho de aprovechamiento de aguas sobre ellas.
1988	D.F.L. N° 382 Ley General de Servicios Sanitarios permite que empresas concesionarias (que operan en zonas urbanas) operen en zonas rurales siempre y cuando no comprometan a su servicio y, por otro lado, obliga a que los sistemas de agua potable rural cumplan con las normas relativas a la prestación de servicios sanitarios.
1989	Ley N° 18.778 establece Subsidio al Pago de agua potable y servicio de alcantarillado de aguas servidas.
1994	Ley N° 19.300 Bases Generales del Medio Ambiente art. 10ª letra o) proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, deberán someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental los proyectos de saneamiento ambiental, tales como sistemas de alcantarillado y agua potable, plantas de tratamiento de aguas o de residuos sólidos de origen domiciliario, rellenos sanitarios, emisarios submarinos, sistemas de tratamiento y disposición de residuos industriales líquidos o sólidos.
1995	Ley N° 19.418 Ley sobre Juntas de Vecinos y demás Organizaciones Comunitarias que aplica a los Comités de Agua Potable Rural.
2002	D.S. N° 50 que aprueba el reglamento de instalaciones domiciliarias de agua potable y alcantarillado.
2004	D.F.L. N° 5 del Ministerio de Economía que establece la Ley General de Cooperativas, precepto que regula a las cooperativas de agua potable rural.
2004	D.F.L. N° 5 Ley General de Cooperativas del Ministerio de Economía que permite a las organizaciones sociales constituirse legalmente como cooperativas de agua potable rural, cuyo objetivo específico es dotar de los servicios de agua potable y alcantarillado a los asociados y a terceros. Además, establece que estas organizaciones se movilicen para realizar la producción y distribución de agua potable, y la recolección y disposición de aguas servidas mediante la creación, adquisición, organización y administración de tareas o funciones destinadas a su cumplimiento.
2011	Ley N° 20.500 sobre Asociaciones y Participación Ciudadana en la Gestión Pública que establece definiciones y mecanismos para formar asociaciones de ciudadanos de interés público.
2017	Ley N° 20.998 sobre la Regulación de los Servicios Sanitarios Rurales que establece una institucionalidad a los sistemas de agua potable rural y los considera como servicios sanitarios rurales (vigente desde noviembre del 2020).

En un inicio, los comités de APR se constituyeron como servicios particulares que no cuentan con regulación jurídico institucional y no están sujetos al cumplimiento de las concesiones sanitarias. No obstante, estos debieron cumplir con las normas de calidad de sus servicios bajo la Ley General de Servicios Sanitarios con el fin de garantizar la calidad y la continuidad del servicio de agua potable (D.F.L. N° 382). Su constitución y fiscalización respecto de la calidad del agua estaba sometida a los respectivos Servicios de Salud del MINSAL y se regían por las normas del Código Sanitario.

Además, no se encontraban sujetos a fijación de tarifas de la Ley de Tarifas que se aplica a los servicios públicos sanitarios en las áreas urbanas. Lo descrito anteriormente cambia en noviembre del 2020 con la implementación de la Ley N° 2.998 que regula los Servicios Sanitarios Rurales (SSR).

2.2. Ley 20.998

La ley N° 20.998 es publicada en el Diario Oficial de la República de Chile en el año 2017 y entra en vigor en noviembre del 2020, entregando institucionalidad al sector sanitario rural (DOH, 2020). Esta comienza a tramitarse en el año 2009 como un proyecto capaz de entregar un marco legal a los SSR obedeciendo a las aspiraciones por parte de los comités y cooperativas de Agua Potable Rural, que buscan la creación de la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales (Subdirección de SSR).

La Subdirección está vinculada al saneamiento rural y regularización del sistema operativo, permitiendo que las cooperativas y comités se conviertan en SSR y tengan acceso a incentivos económicos, instrumentos de gestión de agua potable y facultad de recolección de aguas servidas una vez que la producción y distribución de agua potable rural esté en correcta ejecución (DOH, 2020).

La ley N° 20.998 declara a las organizaciones comunitarias y sociales como administradores y operadores de los SSR, y establece derechos y obligaciones para los operadores y usuarios de los servicios. A su vez, reconoce la función social de quienes desarrollan las actividades de dirigentes de comités y cooperativas de agua potable rural y no cambia su régimen jurídico para la construcción y funcionamiento de las organizaciones comunitarias (Ley N°20.998, 2017). Por otro lado, implanta el marco regulatorio y jurídico para la provisión de servicios de agua potable y saneamiento en el sector rural mediante la entrega de licencias por parte del MOP y el Registro de Operadores (Ley N°20.998, 2017).

Además, cambia el rol de las empresas sanitarias en el sector rural como unidad técnica y elimina gradualmente los convenios con la DOH para las asesorías en gestión comunitaria y gestión de proyectos, estableciendo la internalización de estas actividades por parte de la Subdirección (Ley N° 20.998, 2017). Esto genera un fortalecimiento de la Subdirección de SSR, ya que se atribuye el registro de operadores y mantiene el sistema de información; apoya, asiste y asesora a comités y cooperativas; realiza procesos de inversión sectorial en agua potable y saneamiento; y tiene la facultad otorgar y evaluar licencias.

Por otro lado, la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) posee nuevas competencias en el ámbito rural como el cálculo tarifario, tomar un rol fiscalizador en coordinación con el Ministerio de Salud atendiendo consultas y reclamos, y se le entrega la facultad de aplicar multas por incumplimientos a lo establecido por la ley.

La correcta implementación de esta ley es crucial para poder garantizar el derecho al acceso al agua y saneamiento, ya que hoy en día existen una serie de problemáticas que aquejan a los sectores con agua potable rural (Alvarado, 2020), destacándose las siguientes:

- i) Escasez hídrica y/o déficit hídrico que afecta a varias localidades del país.
- ii) Protección insuficiente de los pozos de agua potable rural.

- iii) Actual ausencia de un ordenamiento territorial.
- iv) Inexistente priorización de agua para consumo humano en el actual Código de Aguas.
- v) Falta de Derechos de Aprovechamiento de Agua para consumo de agua potable a los SSR.
- vi) Falta de estipulación de responsabilidad ante los problemas de acceso, distribución y protección de las fuentes de agua potable en la Constitución.

El desafío de los sistemas de agua potable rural recae en buscar estrategias para mitigar los problemas mencionados anteriormente, considerando las características de sus territorios, la relación con el agua de las comunidades, los nuevos factores de cambio como el aumento de la demanda y las condiciones de disponibilidad de agua producto del cambio climático y actividades antrópicas, los cuales están afectando el diario vivir de la población rural.

2.3. Cobertura actual de acceso al agua potable y saneamiento rural

La necesidad de disponer de información sobre el acceso y saneamiento de agua potable, distinguiendo entre zonas urbanas y rurales, se debe a que las propuestas de acciones destinadas a satisfacer las demandas de la población que reside en cada una de ellas son diferentes.

Para el diseño de alternativas de abastecimiento y saneamiento de agua para viviendas individuales y/o pequeñas comunidades, es fundamental conocer la población beneficiada y su distribución a nivel nacional. En la Tabla 2.4 se presenta la distribución de la población nacional dividida por zona urbana y rural. La información fue recopilada de los Censos realizados en el año 2002 y 2017, y la proyección al año 2020 se obtuvo del documento de Estimaciones y proyecciones de la población de Chile a nivel comunal en los años 2002-2035, elaborado por el INE (2019).

Tabla 2.4. Distribución de población a nivel nacional.

Población	CENSO 2002		CENSO 2017		PROYECCIÓN 2020	
	Habitantes	Porcentaje	Habitantes	Porcentaje	Habitantes	Porcentaje
Urbana	13.090.113	86,6 %	15.424.263	87,8 %	17.219.249	88,5 %
Rural	2.026.322	13,4 %	2.149.740	12,2 %	2.239.061	11,5 %
Total	15.116.435	100 %	17.574.003	100 %	19.458.310	100 %

Fuente: Elaborado a partir de información publicada por el INE. <http://www.ine.cl>.

En la Figura 2.1 se detalla la distribución porcentual de población urbana-rural por región y nacional. Se observa en la macrozona sur de Chile, compuesta por las regiones de Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos (MOP, 2016), un alto porcentaje de población rural.

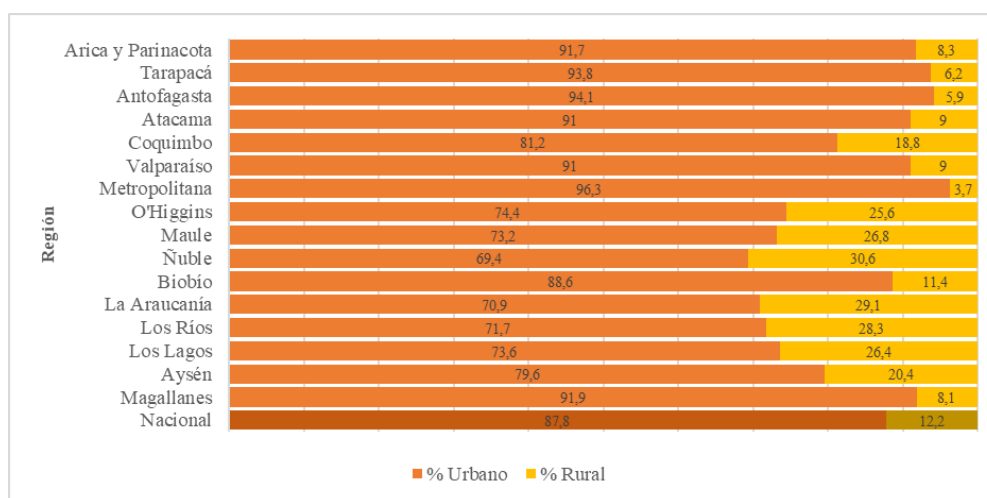


Figura 2.1. Gráfico de población urbana rural según región. Fuente: INE Censo, 2017.

Según datos de la SISS (2021), al año 2017, la población del sector urbano concesionado alcanzaba un 99,9% de cobertura a red pública de agua potable, 97,15% contaba con red de alcantarillado y un 99,9% con cobertura de tratamiento de aguas servidas.

Los datos presentados en la Tabla 2.5, respecto a las viviendas particulares ocupadas censadas en el año 2017 para la caracterización de acceso a servicios básicos, de un total de 4.782.036 de viviendas particulares ocupadas en zonas urbanas, el 98,8% se declaró con acceso a agua potable a través de una red pública. Por el contrario, en áreas rurales este porcentaje bajó considerablemente a 52,8% correspondientes a un total de 687.659 viviendas particulares ocupadas en zonas rurales (INE, 2018).

Es importante precisar que una red pública de distribución de agua potable se entiende como las instalaciones exigidas conforme a la ley N° 382/88 que incluyen los arranques de agua potable, operadas y administradas por el prestador del servicio público de distribución, que se conectan a las instalaciones domiciliarias de agua potable (D.F.L. N° 382, 1988).

Tabla 2.5. Cantidad total de viviendas particulares ocupadas, por áreas, según origen del agua. Elaborado a partir del Censo 2017 (INE, 2018).

	Urbano		Rural		Total	
	Viviendas	Porcentaje	Viviendas	Porcentaje	Viviendas	Porcentaje
Red pública	4.723.108	98,8 %	363.383	52,8 %	5.086.491	93 %
Aguas subterráneas	28.326	0,6 %	190.677	27,7 %	219.003	4 %
Camión aljibe	21.448	0,4 %	49.831	7,2 %	71.279	1,3 %
Aguas superficiales	9.154	0,2 %	83.768	12,2 %	92.922	1,7 %
Total	4.782.036	100 %	687.659	100 %	5.469.695	100 %

Pese a lo anterior, cerca de un 47,2% de las viviendas habitadas en zonas rurales no cuenta con suministro y saneamiento formal de agua potable. Por lo tanto, la población rural sin abastecimiento formal tiene acceso a agua a través de fuentes informales como: agua superficial (río, vertiente, estero o lago) (12,2%), subterránea (pozos) (27,7%) y camiones aljibes (7,2%) como alternativa de solución en casos en los cuales no hay fuentes superficiales o subterráneas cercanas disponibles, respecto al total de viviendas particulares ocupadas censadas en zonas rurales (Fundación Amulén, 2019).

En la Figura 2.2 se observa que las viviendas particulares ocupadas que no contaban con un abastecimiento formal de agua potable al año 2017 se concentró principalmente en la macrozona sur, siendo las regiones que poseen un mayor porcentaje de población rural con fuentes de agua informales: Biobío (68%), La Araucanía (71%), Los Ríos (62%) y Los Lagos (64%).

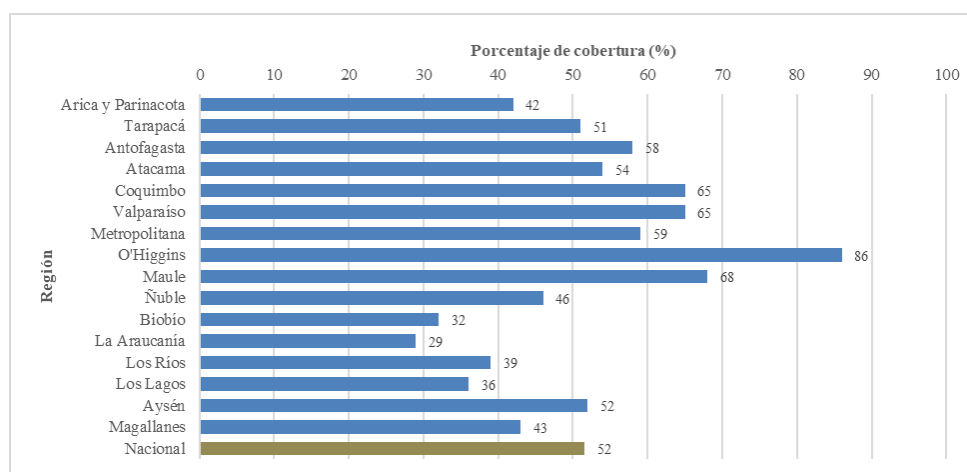


Figura 2.2. Gráfico de cobertura de acceso al agua potable rural. Fuente: Base de datos Programa APR, INE, 2017.

A continuación, se indican las cifras asociadas a la cobertura de acceso de agua potable y saneamiento rural, recopiladas por la Subdirección de Servicios Sanitarios a la fecha de junio y diciembre del 2020, respectivamente.

Agua Potable: A junio de 2020, existen 1.962 Sistemas de Agua Potable Rural en el país. En la Tabla 2.6 se observa la cantidad de APRs por región según su tipo de distribución de población rural (localidades rurales concentradas, semiconcentradas y dispersas). Estos se distribuyen en 1.593 (79%) en localidades rurales concentradas, 365 (18%) en localidades semiconcentradas y tan sólo 4 (0,2%) en localidades rurales dispersas.

Tabla 2.6. Catastro de Sistemas de Agua Potable Rural por región a junio del 2020. Elaborado a partir de Subdirección de SSR-MOP, 2021.

Región	Concentrada	Semiconcentrada	Dispersa	Total
Arica y Parinacota	16	5	0	21
Tarapacá	16	5	0	21
Antofagasta	10	6	0	16
Atacama	34	6	1	41
Coquimbo	175	29	0	204
Valparaíso	156	10	0	166
Metropolitana	101	8	0	109
O'Higgins	212	9	0	221
Maule	270	23	0	293
Ñuble	100	18	0	118
Biobío	78	35	0	113
La Araucanía	185	68	3	256
Los Ríos	71	59	0	130
Los Lagos	128	71	0	199
Aysén	31	12	0	43
Magallanes y Antártica Chilena	10	1	0	11
Total	1.593	365	4	1.962

Según la Subdirección de SSR, estos sistemas alcanzan a un total de 1.880.985 beneficiarios estimados, los cuales se distribuyen en 1.693.592 beneficiarios en localidades rurales concentradas, 185.272 beneficiarios en semiconcentradas y tan sólo 2.047 beneficiarios en localidades rurales dispersas. En la Tabla 2.7 se exponen la cantidad de arranques domiciliarios registrados y estimación de beneficiarios por región a junio del 2020.

La población beneficiaria se obtuvo de la ponderación de la densidad promedio de integrantes por hogar por cantidad de arranques en los sectores rurales que son atendidos por el Programa. La densidad promedio de integrantes por hogar se obtiene en base a la población de la localidad y en promedio se abastecen de 3 a 4 personas por arranque domiciliario (Donoso et al., 2015).

Según los datos expuestos, la región con mayor cantidad de beneficiarios es la Región del Maule con 307.447, seguida por O'Higgins con 314.708 y Metropolitana con 193.582 personas beneficiadas (Subdirección de SSR-MOP, 2021).

Tabla 2.7. Catastro de número de arranques de red de agua potable y población beneficiaria estimada por tipo de localidad a nivel regional a junio del 2020.
Elaborado a partir de Subdirección de SSR-MOP, 2021.

Región	Cantidad de arranques				Estimación de población beneficiaria			
	Concentrada	Semiconcentrada	Dispersa	Total	Concentrada	Semiconcentrada	Dispersa	Total
Arica y Parinacota	3.785	951	0	4.736	11.733	2.949	0	14.682
Tarapacá	2.106	1.292	0	3.398	6.529	4.006	0	10.535
Antofagasta	3.586	642	0	4.228	11.117	1.991	0	13.108
Atacama	5.377	586	32	5.995	16.670	1.816	99	18.585
Coquimbo	48.949	2.536	0	51.485	151.751	7.865	0	159.616
Valparaíso	54.998	1.315	0	56.313	170.502	4.077	0	174.579
Metropolitana	60.673	1.771	0	62.444	188.092	5.490	0	193.582
O'Higgins	100.020	1.494	0	101.514	310.076	4.632	0	314.708
Maule	95.773	3.397	0	99.170	296.913	10.534	0	307.447
Ñuble	32.904	3.228	0	36.132	102.004	10.008	0	112.012
Biobío	27.229	8.318	0	35.547	84.414	25.786	0	110.200
La Araucanía	40.094	14.279	628	55.001	124.303	44.270	1.948	170.521
Los Ríos	22.296	8.735	0	31.031	69.124	27.081	0	96.205
Los Lagos	41.251	9.744	24 *	51.019	127.881	30.205	74 *	158.160
Aysén	6.223	1.470	0	7.693	19.292	4.559	0	23.851
Magallanes y Antártica Chilena	1.029	1	0	1.030	3.191	3	0	3.194
Total	546.293	59.759	660	606.736	1.693.592	185.272	2.047	1.880.985

* Plan Básico Progresivo el cual surge para abordar zonas con menor densidad poblacional y que no califican para optar a un Sistema de Agua Potable Rural tradicional (SAPR, 2018).

Aguas Servidas: La cobertura de saneamiento en sectores rurales es deficiente en cuanto a existencia de red pública de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas.

A diciembre del 2020, la Subdirección de SSR tiene registro de un total de 367 sistemas de APR que cuentan con red pública de alcantarillado y/o tratamiento de aguas servidas, el cual corresponde a un 18,7% del total de sistemas de Agua Potable Rural inscritos. En la Tabla 2.8 se presenta la distribución de APRs por región. Se observa que la menor cantidad de APRs con estas características se ubica en las zonas extremas (norte y austral) del país.

Tabla 2.8. Distribución de APRs que cuentan con red pública de Alcantarillado y/o sistema de tratamiento de aguas servidas a diciembre 2020. Elaborado a partir de Subdirección de SSR-MOP, 2021.

Región	Concentrada	Semiconcentrada	Total
Arica y Parinacota	7	0	7
Tarapacá	2	0	2
Antofagasta	6	0	6
Atacama	8	1	9
Coquimbo	58	0	58
Valparaíso	39	2	41
Metropolitana	21	1	22
O'Higgins	41	0	41
Maule	72	1	73
Ñuble	18	0	18
Biobío	16	0	16
La Araucanía	17	0	17
Los Ríos	16	0	16
Los Lagos	22	2	24
Aysén	14	0	14
Magallanes y Antártica Chilena	3	0	3
Total	360	7	367

Según los datos expuestos en la Tabla 2.9, a diciembre del 2020, estos sistemas alcanzan a un total de 605.237 beneficiarios, los cuales se distribuyen en 600.283 beneficiarios en localidades rurales concentradas y 4.954 beneficiarios en semiconcentradas. Además, se observa que las localidades rurales dispersas no cuentan con red de alcantarillado y/o tratamiento de aguas servidas.

En la Tabla 2.10, se observa que de un total de 1.962 APRs inscritos, tan sólo 285 cuentan con red pública de alcantarillado, correspondiendo a un 14,5% del total de los APRs inscritos al año 2020. De estos, sólo 194 APRs cuentan con red de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas y 91 APRs solamente con red de alcantarillado.

Es importante precisar que no se cuenta con información de la disposición de las aguas servidas de los APRs que poseen red de alcantarillado, pero no cuentan con tratamiento de aguas servidas. Además, cabe hacer notar que no se tiene información sobre 1.595 APRs respecto a la existencia de red de alcantarillado y de tratamiento de aguas residuales, representando al 83,1% del total de APRs registrados a diciembre del 2020 por la Subdirección de SSR.

Tabla 2.9. Catastro de número de arranques de red de alcantarillado y población beneficiaria estimada por tipo de localidad a nivel regional a diciembre del 2020. Elaborado a partir de Subdirección de SSR-MOP, 2021.

Región	Cantidad de arranques			Cantidad de beneficiarios		
	Concentrada	Semiconcentrada	Total	Concentrada	Semiconcentrada	Total
Arica y Parinacota	2.279	0	2.279	7.064	0	7.064
Tarapacá	363	0	363	1.125	0	1.125
Antofagasta	3.381	0	3.381	10.481	0	10.481
Atacama	2.015	214	2.229	6.247	663	6.910
Coquimbo	20.655	0	20.655	64.038	0	64.038
Valparaíso	18.740	469	19.209	58.096	1.454	59.550
Metropolitana	25.838	537	26.375	80.099	1.665	81.764
O'Higgins	25.729	0	25.729	79.764	0	79.764
Maule	42.345	58	42.403	131.275	180	131.455
Ñuble	9.257	0	9.257	28.698	0	28.698
Biobío	9.600	0	9.600	29.760	0	29.760
La Araucanía	8.339	0	8.339	25.852	0	25.852
Los Ríos	6.995	0	6.995	21.687	0	21.687
Los Lagos	13.698	320	14.018	42.464	992	43.456
Aysén	4.021	0	4.021	12.467	0	12.467
Magallanes y Antártica Chilena	376	0	376	1.166	0	1.166
Total	193.631	1.598	195.229	600.283	4.954	605.237

Tabla 2.10. Cantidad de APRs que cuentan (o no) con red de alcantarillado y/o tratamiento de aguas servidas a diciembre del 2020. Elaborado a partir de Subdirección de SSR-MOP, 2021.

Región	Sí poseen red de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas	Sí poseen red de alcantarillado y no tratamiento de aguas servidas	Sí poseen red de alcantarillado y no cuenta con información sobre tratamiento de aguas servidas	No cuenta con información de red de alcantarillado y sí poseen tratamiento de aguas servidas	No cuenta con información de red de alcantarillado ni tratamiento de aguas servidas	Total
Arica y Parinacota	7	0	0	0	14	21
Tarapacá	1	1	0	0	19	21
Antofagasta	4	2	0	0	10	16
Atacama	5	4	0	0	32	41
Coquimbo	42	15	0	1	146	204
Valparaíso	4	8	5	24	125	166
Metropolitana	9	11	1	1	87	109
O'Higgins	13	2	17	9	180	221
Maule	38	3	0	32	220	293
Ñuble	15	2	0	1	100	118
Biobío	9	0	4	3	97	113
La Araucanía	5	7	3	2	239	256
Los Ríos	12	3	0	1	114	130
Los Lagos	14	3	0	7	175	199
Aysén	13	0	0	1	29	43
Magallanes y Antártica Chilena	3	0	0	0	8	11
Total	194	61	30	82	1.595	1.962

En tanto a la cobertura de acceso al agua potable y saneamiento rural, se advierte que este último es deficiente. Esto se ve reflejado en la falta de un programa estructurado y con poco éxito en aspectos como los que se describen a continuación.

- i) Dificultades en la operación y mantenimiento por parte de los administradores de estos servicios sanitarios (Municipalidades, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, entre otros).
- ii) Falta de apoyo técnico a los Comités y Cooperativas que se han hecho cargo de la operación y mantenimiento de sus sistemas de APR.
- iii) Débil legislación que sustente el saneamiento rural, lo cual genera ambigüedades donde la responsabilidad de la administración y operación no queda definida, sin embargo, la nueva Ley N° 20.998 sobre los Servicios Sanitarios Rurales, debería suplir esta carencia con el fortalecimiento de la capacidad de gestión de las organizaciones comunitarias en su rol como operadores y administradores de los servicios a través del reconocimiento y formalización de sus labores, manteniendo el rol del Estado como proveedor de la infraestructura necesaria para la prestación de servicios.

Es debido a lo anterior que el desafío recae en proveer un servicio de calidad, el cual tenga un marco regulatorio y jurídico claro para la provisión de servicios de agua potable y saneamiento en el sector rural. Para ello, se deben solucionar los problemas de gestión y técnicos de los sistemas vigentes, y posteriormente, aumentar la cobertura en las localidades rurales que se abastecen directamente de otras fuentes alternativas como por ejemplo pozos, esteros, ríos, lagos o camiones aljibes que no logran garantizar las condiciones adecuadas según normativa vigente para el consumo humano, y además, brindar las directrices para que aquellos APRs que tengan cubierto el acceso al agua potable rural puedan optar a cobertura de red de alcantarillado y posteriormente a sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Es importante señalar que la información recopilada respecto al saneamiento de agua rural no está completa, ya que el detalle de los datos de infraestructura de red de alcantarillado y sistemas de tratamiento no están sistematizados puesto que los catastros disponibles corresponden a información básica e incompleta, el levantamiento de la información es una tarea que se debe hacer dentro de los plazos que establece la Ley N° 20.998 (Subdirección de SSR-MOP, 2021).

Esta última, establece en sus artículos transitorios una implementación progresiva, por lo cual la Subdirección de SSR visará los proyectos de tratamiento y recolección de aguas servidas a fines del 2023 (a partir del tercer año de vigencia de la Ley). Por ende, no se tiene certeza del estado de operación y mantenimiento de las redes de alcantarillado ni de los tipos de plantas de tratamiento de aguas servidas existentes que estén adscritas a los APRs. En consecuencia, se debe trabajar en el levantamiento de información de manera periódica sobre la situación de cobertura rural, de manera detallada, a lo largo del territorio.

2.4. Calidad del agua potable en zonas rurales de Chile

Las regulaciones en el país con respecto a los requisitos de calidad del agua potable son aplicables a todo el territorio nacional y, por lo tanto, aplican a los sistemas de agua potable públicos y privados, urbanos y rurales y definen técnicamente el agua potable como el agua que cumple con los requisitos descritos en la NCh N°409, la cual se separa en dos partes: la primera regula los requerimientos de calidad y la segunda, el muestreo, inspección y análisis de las muestras

(INN, 2005) de modo de asegurar su inocuidad y aptitud para el consumo humano (SUBDERE, 2018).

En lo referido a la legislación y normativa aplicable al agua potable en el sector rural, se puede establecer que si bien en Chile existe una norma de carácter nacional que establece los requisitos microbiológicos, de turbiedad, químicos, radiactivos, organolépticos y de desinfección que debe cumplir el agua potable, la fiscalización de los servicios de agua potable rural corresponde a los Servicios de Salud, para cuyo efecto utilizan el Reglamento de los Servicios de Agua Potable Destinados al Consumo Humano oficializado mediante el Decreto N°735/1969 del Ministerio de Salud. En el Anexo A se presenta una tabla resumen con los requisitos de parámetros de calidad de la NCh N° 409/1. Of. 2005 que deben cumplir los servicios de agua potable rural en su sistema de distribución, y que deben ser exigidos por la autoridad sanitaria.

Para verificar el cumplimiento de dichos requisitos, la caracterización del agua tratada por los sistemas debe efectuarse mediante operaciones de muestreo y ensayos de laboratorio de carácter oficial, que se encuentran regulados en el país y reconocidos oficialmente cuando estas operaciones son ejecutadas por laboratorios acreditados bajo la Norma ISO 17.025 (2005).

Si bien la norma de agua potable regula parámetros microbiológicos, físicos y químicos de calidad que alcanzan un número total de 43 parámetros, en la Tabla 2.11 se presentan los parámetros de contaminación más frecuentes en las fuentes de captación de los servicios de agua potable rural según la SUBDERE (2018).

Tabla 2.11. Nómima de parámetros de contaminación en fuentes de servicios del sector rural. Adaptado de SUBDERE (2018).

Parámetros frecuentes de contaminación	Tipo de contaminación	Efectos
Turbiedad	Física	Apariencia del agua
Color verdadero	Física	Apariencia del agua
pH	Química	Corrosividad
Hierro	Química	Apariencia, sabor y olor
Manganeso	Química	Apariencia, sabor y olor
Arsénico	Química	Salud
Nitratos	Química	Salud
Amoniaco	Química	Sabor y olor
Boro	Química	Salud y cultivos
Cloruros	Química	Sabor
Sulfatos	Química	Salud y sabor
Sólidos disueltos totales (SDT)	Química	Salud y sabor
Coliformes Totales	Microbiológica	Salud
<i>Escherichia Coli</i>	Microbiológica	Salud

Los parámetros de contaminación que deben ser controlados dependen en alguna medida del tipo de fuente de captación que se disponga en un sistema rural, aun cuando hay problemas de contaminación de las aguas naturales que son comunes independientemente de su origen. El origen de las fuentes y su modalidad de captación se categoriza bajo origen subterráneo o superficial.

En particular, la calidad de las fuentes de abastecimiento con obras de captación superficial se encuentra influenciada por condiciones climáticas y eventos atmosféricos que determinan los patrones de variabilidad de carácter estacional, sumado a las características del suelo, vegetación y presencia de materia orgánica de origen animal. Asimismo, las actividades antropogénicas son una fuente de contaminación no menor debido a que los desechos de los centros urbanos o rurales

se incorporan directa o indirectamente contaminando los cuerpos de aguas superficiales (SUBDERE, 2018).

2.5. Entrevistas y encuestas como fuentes de información

Para este trabajo resulta relevante entender la importancia del uso de distintas fuentes de información como base de investigación, dentro de las cuales se pueden utilizar las fuentes primarias y/o secundarias.

Las fuentes de información primaria contienen información publicada por primera vez y no ha sido filtrada, interpretada, ni evaluada por otros (Cea D'Ancona, 1999). Por el contrario, las fuentes secundarias se limitan al análisis de datos recabados por otros trabajos de investigación, como son los (i) datos no publicados, elaborados por organismos públicos y privados, (ii) datos publicados por organismos públicos y privados: estadísticas e informes, (iii) investigaciones publicadas en libros y revistas, e (iv) investigaciones no publicadas (Batthyány & Cabrera, 2011).

Dentro de las fuentes de información primaria, se encuentra la realización de encuestas y entrevistas. Las encuestas son un modo de obtener información mediante un cuestionario estandarizado con el fin de estudiar distintas variables (según enfoque de investigación) y su relación con el objeto de estudio (Cea D'Ancona, 1999). Según Corbetta (2007), las características de esta técnica son:

- i) La información se adquiere mediante observación indirecta, a través de las respuestas de la muestra en estudio.
- ii) La información abarca diversos aspectos, que pueden ser objetivos (hechos) o subjetivos (opiniones, actitudes).
- iii) La información es recogida de forma estructurada: se formulan las mismas preguntas en el mismo orden a cada participante de la muestra.
- iv) Las respuestas se agrupan y cuantifican para posteriormente ser analizadas a través del uso de herramientas estadísticas simples, como son el recuento de datos y cálculo de porcentajes según Espín López (2002).
- v) Los datos obtenidos son generalizables acorde a la muestra total del estudio.

Por otro lado, las entrevistas se entienden como una técnica conversacional que favorece la producción de información continua y con una cierta línea argumental —no fragmentada, segmentada, precodificada y cerrada por un cuestionario previo— del entrevistado sobre un tema definido en el marco de un trabajo de investigación. Según Corbetta (2007), la entrevista se puede clasificar según grado de estandarización, siendo estas:

- i) Estructurada: Se hacen las mismas preguntas y en el mismo orden a toda la población entrevistada.
- ii) Semiestructurada: Se dispone de varios temas a trabajar a lo largo de la entrevista, decidiendo libremente sobre el orden de presentación y formulación de los temas.
- iii) No estructurada: Sólo se planean temas a abordar y no se fija contenido de preguntas, variando en función del entrevistado.

2.6. Transferencia de información entre cuencas

Varias cuencas del país no cuentan con estaciones fisicoquímicas, fluviométricas ni meteorológicas, o cuentan con registros incompletos, siendo una dificultad para comprender la cantidad y calidad de agua disponible, y para el diseño y operación de sistemas de tratamiento de agua, sistemas de riego, entre otros, por lo que se hace necesario hacer estimaciones de los caudales asociados (Sivapalan et al., 2003).

Una forma de sobrellevar este problema es la transferencia de información de una cuenca con información registrada a otra con escasa información, procedimiento que lleva el nombre de “regionalización”. Existen diversos métodos de regionalización, las más conocidas están asociadas a regresiones lineales, similitud física, climática, hidrológica o proximidad espacial entre cuencas (Oudin et al., 2008).

El enfoque utilizado en este trabajo se basa en usar índices empíricos de las cuencas asociadas a atributos fisiográficos, climáticos y relacionadas con el régimen hidrológico de la zona (Beck et al., 2016), siendo este un método que se utiliza para regionalizar parámetros calibrados en modelos hidrológicos, sin embargo, en este trabajo se utiliza sólo para justificar cuantitativamente la similitud entre la cuenca donante que cuenta con información registrada para realizar una trasposición de caudales en las cuencas de estudio, las cuales no disponen de información fluviométrica.

El índice de disimilitud propuesto por Beck et al. (2016), permite cuantificar el grado de discrepancia entre la cuenca sin información y la cuenca donante, usando en su estudio ocho atributos climáticos y fisiográficos que tendrían conexión con los caudales: el área de la cuenca [km^2], índice de aridez [-], precipitación anual media [mm/año], evapotranspiración potencial media [mm/año], fracción de cobertura de bosques en la cuenca [%], pendiente media de la superficie de la cuenca [-], fracción de cuerpos de agua en la cuenca [%] y fracción de cobertura nival [%], a los cuales se les calcula el índice de disimilitud (S) mediante la fórmula (1), entendiéndose que a menor S, mayor similitud hidrológica.

$$Z_{i,j} = \sum_{p=1}^N \frac{|Z_{p,i} - Z_{p,j}|}{\text{IQR}_p}, \quad \text{con IQR} = Q3 - Q1 \quad (1)$$

Donde

S: Disimilitud [-].

Z: Valores de atributos p a comparar.

i, j: Cuencas que se comparan.

IQR: Rango Inter Cuartil que representa la variabilidad espacial de los distintos atributos.

Q3 y Q1: Tercer y primer cuartil de los datos. Los cuartiles se refieren a las posiciones que toman los datos ordenados en orden ascendente, por definición bajo el Q1 se encuentra el 25% de los datos y bajo el valor Q3 el 75% de ellos.

2.7. Escasez hídrica

Según Schulte (2014), la escasez hídrica o escasez de agua se define como la falta volumétrica en el suministro de agua. Se calcula como la proporción del uso humano de agua con respecto al suministro de agua disponible en un área determinada.

Existen diversos estudios que han indagado en las principales causas de la escasez hídrica en Chile, las cuales se destacan:

Política de gestión ineficiente de los recursos hídricos: La promulgación del Código de Aguas en 1981, y reformada en el año 2005, que rige actualmente los Derechos de Aprovechamiento de Aguas en Chile (D.F.L. N° 1.122), permite la tenencia de derechos privados y transferibles y limita la regulación del Estado, provocando externalidades negativas como la contaminación y sobreexplotación de fuentes de agua (Banco Mundial, 2011), y el sobre otorgamiento de Derechos de Aprovechamiento (DAA). Según la Política Nacional para los Recursos Hídricos del Ministerio del Interior y Seguridad Pública (2015), existe registro de 110 cuencas comprometidas que se encuentran con una demanda vendida en términos de DAA superior a su recarga de agua natural.

Aumento de la demanda y tipos de usos de agua: El sostenido crecimiento económico y desarrollo social de las últimas décadas ha y seguirá generando demandas cada vez mayores por recursos hídricos de parte de los diferentes tipos de usuarios. Se destaca el uso de agua principalmente en la agricultura, minería, sector industrial, sanitario y turístico. Según la Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2012-2025, la distribución de los usos consuntivos de agua entre los diferentes sectores productivos varía dependiendo del tipo de industria, el 73% corresponde al sector silvoagropecuario, un 12% al sector industrial, un 9% a la minería y un 6% al sector sanitario (MOP, 2013).

Heterogeneidad en la oferta hídrica: Las características geográficas del país y su diversidad de climas, vegetación, distribución poblacional, entre otros, generan gran variabilidad en los recursos disponibles para suplir las distintas demandas a lo largo del territorio nacional (Banco Mundial, 2011). Lo anterior se ve acrecentado por la falta de análisis a nivel de planes hidrológicos los cuales obstaculizan el desarrollo de estrategias y medidas para enfrentar la escasez de agua.

Variabilidad natural y cambio climático: En Chile se evidencian fenómenos climatológicos naturales importantes que dependen de las interacciones atmosféricas y oceánicas, como el fenómeno de El Niño – Oscilación del Sur (ENOS) y la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO), que se presentan con intensidad y persistencia en Sudamérica (Falvey y Garreaud, 2009).

Por otra parte, Quintana y Aceituno (2012) plantean que la zona centro – sur no exhibe tendencias claras de variación en las temperaturas, pero si una tendencia a la disminución de las precipitaciones en las últimas décadas. Además, las simulaciones numéricas indican que estas tendencias se mantendrán a lo largo de los años resultando en condiciones más secas (25-40% de los valores actuales de precipitación) en la zona centro – sur y más cálidas (2-3°C por encima de los valores actuales) hacia fines de siglo y bajo un escenario pesimista de emisiones de gases de efecto invernadero GEI (Fuenzalida et al., 2007).

Adicionalmente, Boiser et al. (2018) confirma una tendencia hacia una condición más seca en la zona centro-sur de Chile (30-48°), usando como base registros históricos (más de 50 años). Los resultados indican que la disminución del ozono estratosférico antártico ha sido importante en la disminución de las precipitaciones de verano.

Es importante señalar que los fenómenos climatológicos naturales al ser oscilatorios, las anomalías térmicas y pluviométricas asociadas a cada una de sus fases, es opuesta a las señales asociada del cambio climático, siendo fundamental para definir los escenarios climáticos de los próximos años.

Las implicancias de la escasez han repercutido de manera directa e indirecta en muchas fuentes de agua, ya sea al disminuir la disponibilidad de agua, reduciendo los caudales de los cuerpos superficiales o los niveles de los pozos, o empeorando su calidad por el incremento de la turbiedad en las aguas o de contaminación de aguas superficiales producto del vertimiento de nutrientes generados de los usos del agua en agricultura, ganadería o industrias que generan eutrofización favoreciendo el crecimiento de algas (Fuentes et al., 2021), entre otros.

Esto se ve agravado por las consecuencias del cambio climático y una crisis en la gestión, la cual se puede combatir con acción directa en la adopción de un modelo de gestión integrado y con participación social (Fundación Newenko, 2019). De este modo, tal como señalan Martin & Pinto (2015), “la escasez no puede presentarse como un hecho de la naturaleza vinculado a la falta de precipitaciones o escurrimiento de caudales exclusivamente, sino que constituye a la vez el resultado de un determinado esquema de distribución desigual de las aguas”.

La escasez de agua afecta de manera desigual a la población. Se precarizan las condiciones de acceso al agua, disminuyendo el consumo y transformando la relación de los habitantes con el agua potable. El agua doméstica que antes era utilizada para consumo humano, aseo, higiene personal, animales, riego y recreación se comienza a limitar al consumo humano y la higiene personal. Esto deriva en un abandono de economías locales de subsistencia y aumento de la pobreza (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2019).

Dentro de los principales efectos de la escasez en las comunidades rurales, se destaca que la disminución de agua disponible desde las fuentes directas de abastecimiento superficiales y subterráneas, generan que la población utilice camiones aljibes como alternativa de abastecimiento (Fundación Amulen, 2019), provocándose una pérdida de la autonomía del consumo hídrico.

Es importante señalar que, para enfrentar la escasez hídrica, muchas de las respuestas más complejas se producen a escala local (Charles y Sally, 2010), y uno de los múltiples enfoques utilizados son el de la adaptación y la resiliencia (Aldunce et al., 2016). En tal sentido, la participación de actores sociales y comunidades son fundamentales para cualquier estrategia que busque avanzar hacia la adaptación y mitigación a los problemas que trae la escasez hídrica en las distintas zonas del país (Gero et al., 2011).

Producto de la transversalidad de las implicancias que trae consigo la escasez de agua, la experiencia y conocimiento son sumamente relevantes al momento de contemplar la diversidad de puntos de vista para solucionar este tipo de problema público complejo (Aldunce et al., 2016). Ello provee un marco para el estudio de las prácticas que los actores sociales, políticos e institucionales implementan con el objeto de adaptarse al aumento de temperaturas, la disminución de

precipitaciones y agua en cauces superficiales y subterráneos, y todas las implicancias que conlleva.

Por otro lado, existe evidencia sobre la necesidad de contar con diagnósticos respecto de las prácticas y estrategias de adaptación que se desarrollan a nivel nacional y local, y que sirvan para alimentar el desarrollo de políticas públicas y estrategias que permitan responder a los desafíos de un entorno cambiante (Glantz et al., 2009). Estos instrumentos deben considerar mecanismos para evaluar la eficacia de las diversas alternativas disponibles. Para ello, la evaluación de la utilidad de las prácticas de adaptación constituye una importante herramienta para la toma de decisiones (Aldunce, 2014).

Para hacer frente a la realidad hídrica y climática del país, se hace imprescindible buscar la sostenibilidad y equidad social. Para ello, se debe avanzar en una gestión integrada de recursos hídricos, teniendo presente el valor social, ambiental y productivo asociado a los usos de las agua superficiales y subterráneas de cada territorio (Banco Mundial, 2013).

Las medidas de adaptación se tienen que centrar principalmente en la gobernanza del agua, uso de infraestructura resiliente que contemple aspectos asociados a la cantidad, continuidad y calidad de las aguas que sean capaces de enfrentar la escasez y una disminución de las brechas de acceso y generación de información (Stehr et al., 2019).

Respecto a las medidas de adaptación ante los problemas de escasez de agua y que aplican principalmente al acceso al agua potable y saneamiento, es urgente hacer una actualización del marco regulatorio de las aguas en Chile, principalmente en este aspecto (Delgado, 2019). Para lograrlo, se debe consagrar y garantizar por parte del Estado el derecho al agua para consumo humano y saneamiento como uso prioritario.

Se requiere de una gobernanza resiliente que considere una mayor protección de los caudales ecológicos y calidad de las fuentes a través de una gestión que respete el cuidado del ciclo hidrológico a través de planes reguladores y un ordenamiento territorial (SUBDERE, 2013).

Las principales prácticas de adaptación a los problemas de escasez de agua y que aplican a zonas rurales de Chile, están vinculadas con la gestión e institucionalidad del agua y la migración e incorporación de nuevas fuentes de agua (Figueroa, 2019).

Ahora bien, según la CEPAL y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (2016) se requiere de una gobernanza resiliente capaz de incluir la utilización de infraestructura verde, sistemas naturales y/o soluciones basadas en la naturaleza para mejorar y proteger la cantidad y calidad de las aguas, incorporando nuevas fuentes de agua como son las matrices unificadas de distribución de agua, sistemas de captación de aguas lluvias a escala domiciliar, reutilización de agua residual rural, utilización de humedales construidos para el tratamiento de aguas, entre otros.

A su vez, se tiene que garantizar un monitoreo periódico sobre la calidad de las aguas siendo fundamental aumentar la frecuencia de monitoreo para poder identificar problemas de calidad específicos, existentes o emergentes, cambios o tendencias en su calidad a través del tiempo, y así, determinar el cumplimiento de normativa. Esta información permite diseñar programas de prevención o remediación de los parámetros excedidos a través de programas de monitoreo y

vigilancia para poder construir, mejorar continuamente y legitimar la toma de decisiones en torno a la calidad de aguas (Pastén et al., 2019).

Para ello, es importante tener una planificación territorial a nivel de cuenca, lo que favorece la gestión local a través de la implementación y fortalecimiento de los programas a nivel regional y local, robustece la distribución del recurso y permite reducir la incertidumbre de las intervenciones que se realizan en cada una de ellas (SUBDERE, 2013). Esto permite observar el sistema completo a través de la visión de diversos tomadores de decisiones.

Sumado a lo anterior, según el Banco Mundial (2013) es importante disminuir las brechas de información respecto a la cantidad, calidad, continuidad y los derechos de agua (otorgados y en uso efectivo) de las distintas fuentes de agua. Es fundamental contar con acceso a educación y divulgación sobre los asuntos hídricos y medioambientales tanto la ciudadanía como los tomadores de decisiones.

3. Descripción de zona de estudio: Bahía Mansa

En este apartado se presentan los antecedentes geográficos y socioeconómicos de San Juan de la Costa, comuna a la que pertenece Bahía Mansa. Además, se caracteriza el clima de la zona de estudio y las cuencas delimitadas por los puntos de captación de agua a nombre del APR Bahía Mansa.

3.1. Ubicación

San Juan de la Costa es una comuna ubicada en la Provincia de Osorno en la Región de Los Lagos. La comuna limita al norte con La Unión, al este con San Pablo y Osorno, al oeste con el Océano Pacífico y al sur con Río Negro. La comuna se conecta con la ciudad de Osorno a través de la ruta U-40. Sus principales localidades son Paucho, Pucatrihue, Maicolpué y Bahía Mansa. En la Figura 3.1 se presenta el mapa de ubicación de Bahía Mansa.

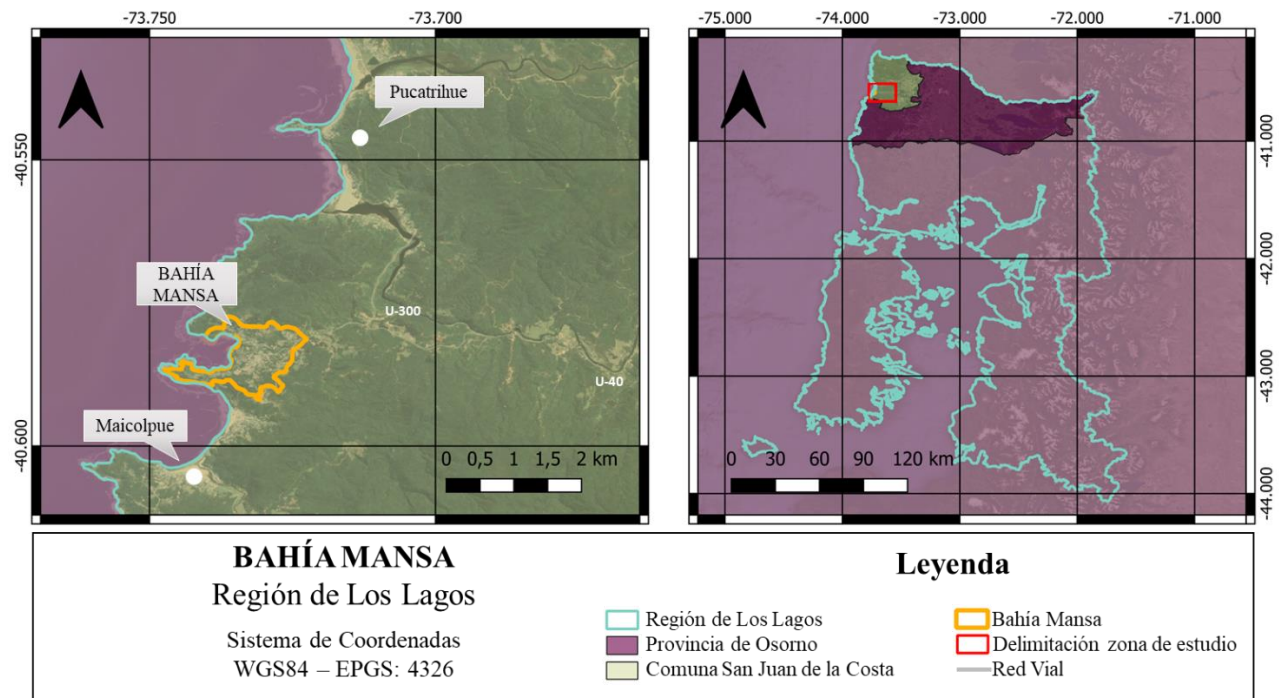


Figura 3.1. Mapa de localidad de Bahía Mansa.

3.2. Caracterización socioeconómica

Para el año 2017, San Juan de la Costa contaba con 7.512 habitantes de los cuales 1.170 se encontraban emplazados en zonas urbanas y 6.342 en zonas rurales (INE, 2017). Según el informe de Ciudades, Pueblos, Aldeas y Caseríos del INE (2019) las localidades Bahía Mansa-Maicolpué son categorizados en conjunto con 1.170 habitantes, cuya principal actividad económica se centra en la pesca artesanal, turismo y artesanía (I. Municipalidad de San Juan de la Costa, 2017).

Según el reporte de estimaciones de la tasa de pobreza por ingresos⁴ y multidimensional⁵ a nivel comunal del año 2017, elaborado por el Observatorio Social del Ministerio de Desarrollo Social y Familia, San Juan de la Costa se encuentra dentro de las comunas con mayor porcentaje de población en situación de pobreza multidimensional y por ingresos del país (ver Tabla 3.1 y Tabla 3.2). Estas estimaciones fueron realizadas con una combinación de datos de la Encuesta Casen, Censo y de registros administrativos, y buscan proveer información acerca de la realidad social y económica del país y administrar el Registro de Información Social (RIS) (MDS, 2017).

Tabla 3.1. Estimación de personas en situación de Pobreza por Ingreso por Comuna: Aplicación de Metodologías de Estimación para Áreas Pequeñas. Fuente: SAE, 2017.

Región	Nombre comuna	Número de personas en situación de pobreza por ingresos 2017	Porcentaje de personas en situación de pobreza por ingresos 2017
IX de la Araucanía	Cholchol	4.292	41,6%
VIII del Biobío	Alto Biobío	3.741	39,7%
IX de la Araucanía	Galvarino	3.647	37,3%
IX de la Araucanía	Saavedra	4.285	35,4%
IX de la Araucanía	Toltén	3.104	35,1%
XVI de Ñuble	Cobquecura	1.501	34,2%
IX de la Araucanía	Lonquimay	3.626	33,5%
IX de la Araucanía	Lumaco	2.995	33,3%
X de los Lagos	San Juan de la Costa	2.111	32,1%

Tabla 3.2. Estimación de personas en situación de Pobreza Multidimensional por Comuna: Aplicación de Metodologías de Estimación para Áreas Pequeñas. Fuente: SAE, 2017.

Región	Nombre comuna	Número de personas en situación de pobreza multidimensional 2017	Porcentaje de personas en situación de pobreza multidimensional 2017
XV de Arica y Parinacota	General Lagos	460	67,2%
I de Tarapacá	Colchane	1.097	63,5%
VIII del Biobío	Alto Biobío	5.694	60,7%
XV de Arica y Parinacota	Camarones	869	58,7%
IX de la Araucanía	Lonquimay	5.883	54,9%
IX de la Araucanía	Galvarino	5.029	54,4%
IX de la Araucanía	Saavedra	6.398	54,2%
IX de la Araucanía	Cholchol	5.502	54,2%
IX de la Araucanía	Curarrehue	4.072	54,1%
X de los Lagos	San Juan de la Costa	3.414	53,3%

3.3. Delimitación y caracterización de cuencas

La zona en estudio corresponde a las cuencas delimitadas por los puntos de captación del APR Bahía Mansa ubicados en el río Tranallaguin (40,58° Latitud Sur, 73,69° Longitud Oeste) y en el estero Sin Nombre (40,59° Latitud Sur, 73,73° Longitud Oeste). Mediante el uso del software de análisis de Sistemas de Información Geográfica GRASS, se delimitaron las cuencas y se obtuvieron sus parámetros geomorfológicos definidos por dichos puntos de captación.

⁴ Es la carencia de ingresos para poder acceder a servicios. Se mide a través de la cuantificación de la población que no cuenta con recursos suficientes para satisfacer un conjunto de necesidades básicas calculadas con la canasta básica (Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2019).

⁵ Es la escasez o carencia de lo necesario para vivir a nivel individual o de hogar. Se mide bajo las siguientes dimensiones: salud, vivienda, educación, trabajo y seguridad social asociado al nivel de vida (Berner, 2014).

En la Figura 3.2 se observa un mapa con vista satelital de las cuencas delimitadas por los puntos de captación del APR y la estación fluviométrica más cercana, llamada Tranallaguin en Carrico, a través del uso del programa QGIS.

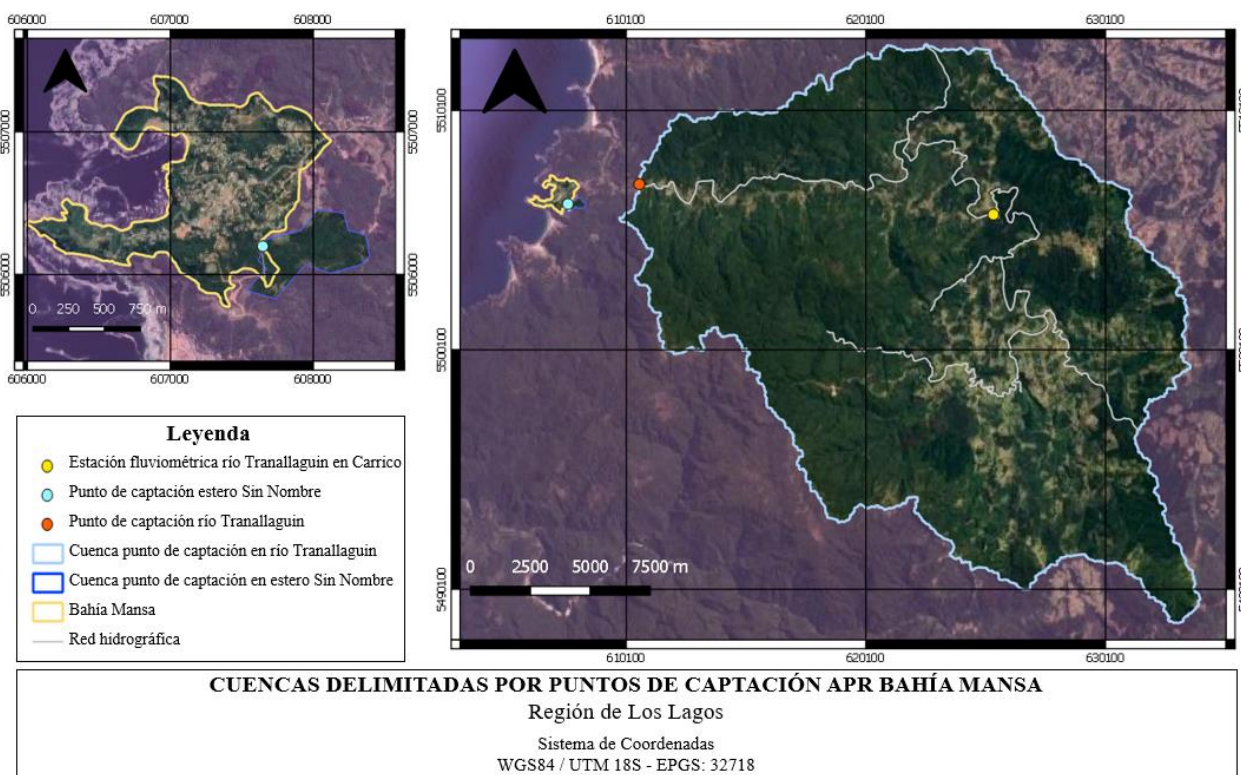


Figura 3.2. Mapa cuencas delimitadas por puntos de captación de APR Bahía Mansa.

En la Tabla 3.3 se presentan los parámetros geomorfológicos más relevantes de las cuencas delimitadas por los puntos de captación.

Tabla 3.3. Información sobre cuencas delimitadas por puntos de captación APR Bahía Mansa.

Atributo	Río Tranallaguin	Estero Sin Nombre
Latitud [°]	-40,58	-40,59
Longitud [°]	-73,69	-73,73
Área [km ²]	351,38	2,18
Elevación punto de captación [m.s.n.m.]	37	136
Elevación mínima [m.s.n.m.]	6	35
Elevación media [m.s.n.m.]	263,96	168,39
Elevación máxima [m.s.n.m.]	802	257
Pendiente media [m/m]	12,18	7,44
Longitud cauce [km]	40	1,22

La localidad se encuentra emplazada entre las desembocaduras de los ríos Llesquehue (al norte) y Hueyelhue (al sur), el uso de suelo está principalmente compuesto por praderas matorrales, bosques de roble, raulí, coihue, tepa y la zona urbana del centro de Bahía Mansa (Ministerio del Medio Ambiente [MMA], 2020). La geología que presenta es característica de este lugar, siendo llamada Complejo Metamórfico Bahía Mansa (CMBM), que está formado por un conjunto heterogéneo de rocas metamórficas (Duhart, 2001).

En la Figura 3.3 se muestran las curvas hipsométricas correspondientes a las cuencas delimitadas por los puntos de captación del APR en el río Tranallaguin y estero Sin Nombre. La variación de elevación correspondiente a la cuenca delimitada por el punto de captación en el río Tranallaguin es de 800 [m] de altura, donde el 50% de la cuenca está bajo los 200 [m.s.n.m.]. En cambio, la cuenca delimitada por el estero Sin Nombre presenta una variación de 200 [m] de altura y casi la totalidad de la cuenca (97%) se encuentra en altura de elevación bajo los 200 [m.s.n.m.].

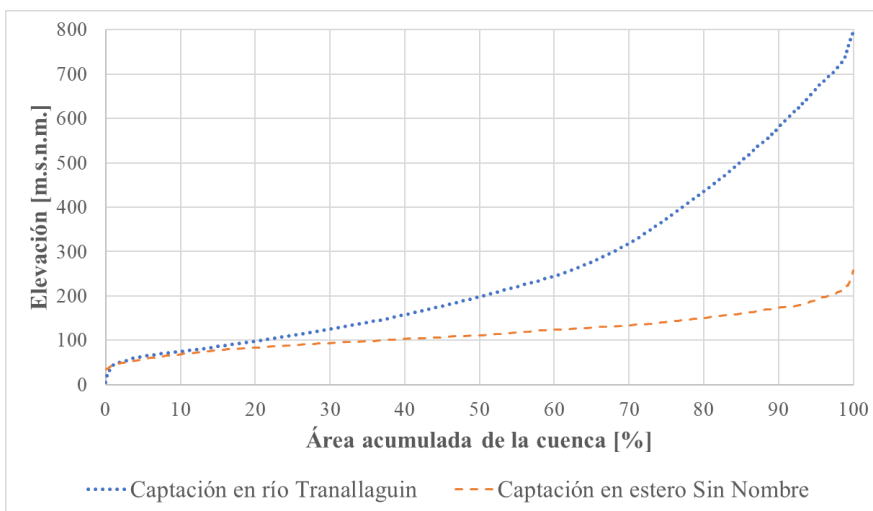


Figura 3.3. Curvas hipsométricas de cuencas delimitadas por punto de captación en río Tranallaguin y estero Sin Nombre.

3.4. Clima

Para caracterizar el clima de Bahía Mansa se usó la base de datos de CR2MET que contiene información meteorológica (precipitación, temperaturas medias y extremas) obtenida de la reconstrucción realizada por el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia con datos para el periodo 1979-2018, que respondieron a la necesidad de contar con datos distribuidos espacialmente coherentes con la información observacional disponible para el estudio del clima e hidrología a escala regional y la evaluación de modelos atmosféricos (Álvarez-Garretón, 2018; DGA, 2017). Este producto consiste en una grilla rectangular de 0,05° latitud-longitud (aproximadamente 5 [km] de resolución), el cual abarca todo el territorio de Chile Continental.

Se utilizó el programa computacional RStudio para obtener las precipitaciones medias mensuales y temperaturas (medias y extremas) mensuales de la zona de estudio. Los valores del producto grillado para las precipitaciones fueron comparados con los datos registrados en la estación pluviométrica Bahía Mansa, ubicada a 40,35° Latitud Sur y 73,43° Longitud Oeste, que contiene mediciones desde octubre del 1997 hasta marzo del 2002 (DGA, 2021), y se calcularon estadísticos (coeficiente de determinación, raíz de error cuadrático medio, coeficiente de Nash-Sutcliffe, porcentaje de sesgo y el índice de desviación estándar de observaciones) con el propósito de validar los datos obtenidos de CR2MET.

Luego, se elaboraron dos climogramas, uno para el período de 2000-2018 y otro para el período 2010-2018, con el objetivo de identificar la existencia de variaciones importantes en las temperaturas y precipitaciones medias mensuales.

En el Anexo B se encuentra el detalle de la validación de datos de los valores obtenidos con CR2MET con respecto a los observados en la estación de Bahía Mansa, y los valores de temperaturas (mínimas, máximas y medias) y precipitaciones medias mensuales determinados ambos puntos de captación, en los periodos 2000-2018 y 2010-2018.

En la Figura 3.4 se muestran los climogramas en la captación del APR en el río Tranallaguin para los periodos 2000-2018 y 2010-2018. El eje izquierdo de cada climograma representa la evolución de la temperatura y el eje derecho la pluviosidad.

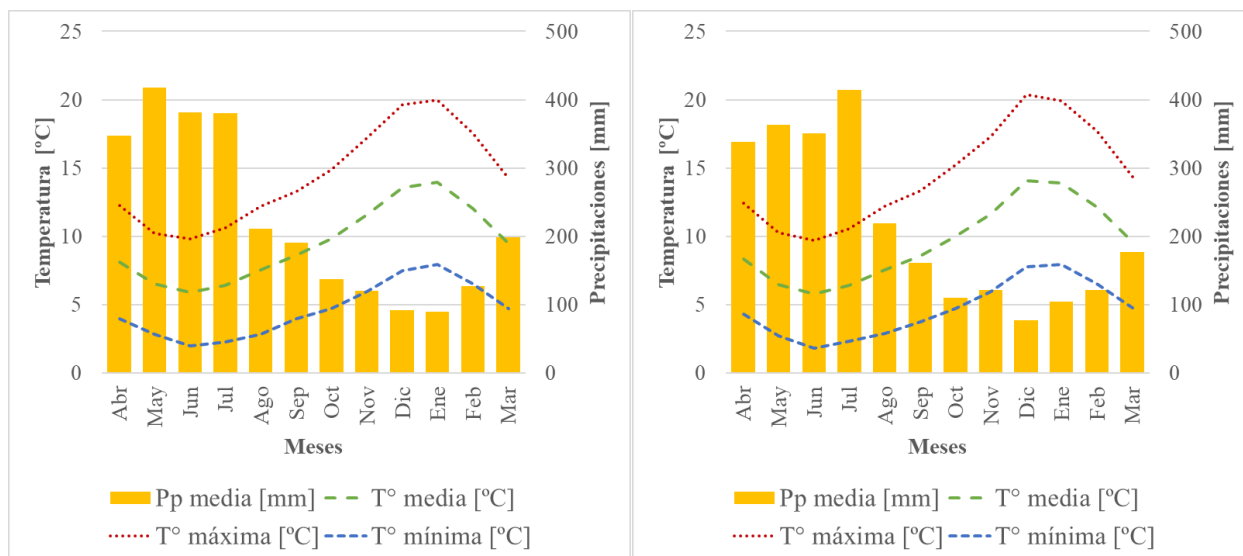


Figura 3.4. Climograma de zona de estudio para período 2000-2018 (figura a) y periodo 2010-2018 (figura b).
Elaborado a partir de datos CR2MET.

Bahía Mansa presenta un clima templado-lluvioso y oceánico debido a su ubicación costera. Respecto a la variabilidad de precipitaciones de ambos periodos, en el climograma con los años 2010-2018, se observa una tendencia a la disminución de las precipitaciones medias mensuales, alcanzándose el mínimo en diciembre con 77,8 [mm], y el máximo en julio con 413,2 [mm] de agua caída promedio. Respecto a la temperatura, se observa que las máximas y mínimas promedio son de 20 [°C] en diciembre y 3 [°C] aprox. en junio, respectivamente. No existe gran variabilidad para ambos periodos de estudio, la amplitud térmica promedio anual es de 10 [°C] aprox., la cual se puede atribuir a la cercanía con el mar.

4. Metodología

En este capítulo se presentan los alcances del trabajo, las técnicas utilizadas para el levantamiento de información y la metodología empleada para la caracterización de las fuentes de abastecimiento de agua potable en Bahía Mansa a través de la estimación de la disponibilidad hídrica, descripción de calidad del agua, y análisis oferta – demanda actual y bajo escenario futuro (que considera proyecciones de cambio climático). Finalmente, se levantan propuestas con perspectiva territorial que contienen medidas de mejora, de control y fuentes alternativas.

4.1. Alcances

La metodología empleada es de tipo evaluativa con un enfoque mixto, el cual es comprendido como un enfoque que recolecta, analiza y vierte datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio (Barrantes, 2014).

Respecto al alcance del estudio de tipo evaluativo, este consta del plano descriptivo y el interpretativo (Alesina, 2011). En el plano descriptivo se realiza un levantamiento de información del comité APR Bahía Mansa, un diagnóstico del sistema actual de abastecimiento de agua potable y la ausencia de saneamiento, y una caracterización de la oferta, demanda y tipos de usos actuales de agua de los usuarios del APR.

En el plano interpretativo, se profundizan los desafíos ante los problemas de abastecimiento y ausencia de saneamiento, y las posibles soluciones a través de una mirada integral considerando las visiones de los actores involucrados a escala local.

El alcance de este trabajo es a nivel local y comprende a usuarios del comité APR Bahía Mansa, representantes de la Junta de Vecinos Bahía Mansa y directiva del comité APR. En la Tabla 4.1 se describe brevemente la labor que cumple cada actor.

Tabla 4.1. Actores considerados en el estudio.

Actores	Descripción
Directiva de comité APR	Son quienes administran y operan el comité de agua potable rural y que tienen derechos y deberes en prestación de servicios, pago de tarifas, corte y reposición del suministro hídrico y saneamiento. Actor involucrado en la Política Nacional de Servicios Sanitarios Rurales.
Junta de Vecinos	Representantes de la organización comunitaria constituida por la junta de vecinos de Bahía Mansa y líderes de comunidades a través del cual las directivas de APR intermedian la provisión del servicio sanitario rural mediante sus dirigentes. Actor involucrado en la política.
Usuarios	Son personas naturales suscritas al servicio de APR Bahía Mansa y son quienes reciben el servicio sanitario rural. Actor interesado y beneficiario de la política.

4.2. Levantamiento de información

En este trabajo incorpora información a partir de fuentes primarias y secundarias. Las fuentes primarias se obtienen a partir de la realización de encuestas y entrevistas, y las fuentes secundarias se recopilan de documentos públicos del MOP, DGA, INE, MDSF, SUBDERE, BCN, BHN,

informes de organismos no gubernamentales y base de datos solicitados a la Subdirección de SSR con el propósito de caracterizar la zona de estudio.

La encuesta consta de 30 preguntas que se realizaron vía telefónica y presencial, a 34 usuarios del APR de un total de 157 usuarios activos que viven en Bahía Mansa, el cual representa a un 21,6% del universo que reside durante todo el año en la localidad y un 11,6% del total de 293 usuarios inscritos a octubre del 2020 (APR Bahía Mansa, 2020). La población encuestada fue seleccionada a partir de su distribución geográfica respecto a los estanques de almacenamiento de agua del APR Bahía Mansa de hasta 2 [km] de distancia.

Las preguntas de la encuesta son diseñadas bajo el enfoque de investigación descriptiva planteado por Cea D'Ancona (1999) para la caracterización de los usuarios del APR Bahía Mansa, y sus respuestas fueron sistematizadas a través del recuento de datos y cálculo de porcentajes planteado por Espín López (2002). Las preguntas abordan aspectos como: identificación del/la encuestado/a, aspectos demográficos, caracterización socioeconómica, medidas de adaptación frente a la escasez y estimación de la demanda de agua potable. El detalle de la encuesta se encuentra en el Anexo C.

Para la realización de las encuestas se contó con el apoyo de la Fundación para la Superación de la Pobreza en el levantamiento de información territorial de Bahía Mansa. Por medio de la Fundación, las profesionales de Servicio País emplazadas en la localidad hicieron las encuestas de manera telefónica y en terreno a la población. Se les comunicó a los encuestados que sus respuestas serían para un trabajo de investigación de memoria de la Universidad de Chile en conjunto con la Fundación.

Respecto a la elaboración de la entrevista, esta es semiestructurada y contiene 20 preguntas enfocadas en las labores que desempeñan los entrevistados que pertenecen al comité y junta de vecinos en torno al programa, fijación de tarifas, soluciones de adaptación frente a problemáticas actuales en la gestión y visión a futuro del funcionamiento del APR. El detalle de la entrevista se encuentra en el Anexo D.

Las entrevistas se realizaron a tres actores involucrados en la administración del APR Bahía Mansa, uno proveniente de la directiva del comité y dos pertenecientes a la junta de vecinos de la localidad. La Junta de Vecinos de Bahía Mansa cumple un rol de representación de vecinos ante el comité, siendo claves para comprender la visión de los usuarios ante la gestión del APR. A su vez, han propuesto y ejecutado proyectos como medidas paliativas ante los problemas de gestión de agua, siendo claves en la entrega de beneficios a los vecinos y usuarios del APR Bahía Mansa.

Las entrevistas se hicieron de manera telefónica por la autora, previo a comenzar se les informó a cada entrevistado que se está tomando nota de lo que dicen, y que las opiniones expresadas son confidenciales y anónimas.

Por otro lado, para la determinación de la disponibilidad hídrica actual y futura se utiliza la base de datos públicos de CAMELS-CL y CR2, y los resultados del Balance Hídrico Nacional aplicado a las cuencas de la macrozona sur y parte norte de la macrozona austral considerando las proyecciones de caudales bajo condiciones de cambio climático (DGA, 2019). En tanto a la demanda de agua, se recopilaron informes del Municipio San Juan de la Costa, APR Bahía Mansa y los DAA consignados hasta el 18 de diciembre 2019 en la región de Los Lagos.

Finalmente, para la caracterización de la calidad del agua de las fuentes de abastecimiento del APR Bahía Mansa, se contó con el apoyo de la directiva del comité APR y Catalina Acevedo, practicante Servicio País y estudiante de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. Se tomaron dos muestras puntuales las cuales fueron analizadas por el laboratorio de Calidad de Aguas Cooprinsem.

4.3. Diagnóstico de sistema de abastecimiento y saneamiento

El diagnóstico del sistema de abastecimiento del APR Bahía Mansa se realiza a través de la recopilación de fuentes primarias y secundarias descritas en el apartado 4.2, presentándose la cobertura actual de abastecimiento, los Derechos de Aprovechamiento de Aguas dispuestos por el comité, descripción de la infraestructura actual y tarifas asociadas al servicio. A su vez, a través de la sistematización de entrevistas y encuestas, se describen las principales dificultades del APR Bahía Mansa en torno a los problemas de infraestructura y gestión actual del comité, y prácticas de adaptación consideradas por los usuarios.

4.4. Disponibilidad hídrica

En esta sección se levanta información respecto a la disponibilidad del recurso hídrico, y el comportamiento que ha tenido durante los últimos años con el objetivo de corroborar y cuantificar los problemas de escasez planteados por APR. Se realiza una caracterización íntegra de las cuencas delimitadas por los puntos de captación del APR Bahía Mansa y un balance hídrico considerando las precipitaciones, pérdidas evapotranspirativas y escorrentía.

4.4.1. Caudales medios mensuales de estación fluviométrica

Base de datos

Las cuencas delimitadas por los puntos de captación del APR Bahía Mansa no cuentan con estaciones de control fluviométrico dispuestos por la DGA, lo que implicó que fuera imposible determinar respuestas hidrológicas de manera directa debido a la inexistencia de datos observados.

Por lo tanto, se utilizan predicciones con la información disponible en cuencas que sí cuentan con mediciones de caudales por la DGA. Las estaciones hidrometeorológicas cercanas se identificaron con la Red Hidrométrica Nacional que dispone de registro de mediciones fluviométricas y meteorológicas registradas en estaciones de monitoreo de la DGA. A su vez, para analizar los registros fluviométricos, se utiliza la base de datos CAMELS-CL (Álvarez- Garretón et al., 2018) que contiene atributos que permiten cuantificar el grado de similitud entre cuencas, mediante el índice de disimilitud propuesto por Beck et al. (2016).

La base de datos de CAMELS-CL incluye series de tiempo para variables hidrometeorológicas y un conjunto de atributos basados en el clima, la hidrología, la geología, la cobertura del suelo y el uso del agua. En particular, se incluye un atributo que cuantifica el impacto de la intervención antrópica en cada cuenca, tomando la relación entre los derechos consuntivos y permanentes de agua asignados al año, dividido por el caudal medio anual de la cuenca correspondiente.

En este trabajo se ocupan cuencas cercanas al régimen de escurrimiento natural, las que deben cumplir con las siguientes condiciones: (1) un índice de intervención humana menor a 0,05 definido por CAMELS-CL (Álvarez- Garretón et al., 2018), (2) que la cuenca no cuente con embalses de grandes dimensiones, y (3) que la estación asociada a la cuenca no esté intervenida por derechos de agua no consuntivos que devuelvan sus aguas abajo de la estación fluviométrica (DGA, 2018).

Por otro lado, se definen atributos de similitud que son utilizados en el presente trabajo, los cuales incluyen atributos presentados por Beck et al. (2016) y Álvarez-Garretón et al. (2018) y que permiten cuantificar el grado de similitud entre las estaciones candidatas a transferir información hidrológica (ver Tabla 4.2)

Tabla 4.2. Atributos seleccionados para caracterizar similitud física, climática e hidrológica. Elaborado a partir de Beck et al. (2016), Álvarez-Garretón et al. (2018).

Similitud	Clasificación - Atributos	Descripción
Física	A1: Elevación media (elev_mean) [m.s.n.m]	Elevación media de la cuenca.
	A2: Pendiente media (slope_mean) [m/m]	Pendiente media de la cuenca.
	A3: Porcentaje de bosque (lc_forest) [%]	Porcentaje de la cuenca cubierta por bosques, incluidos bosques nativos y plantaciones.
	A4: Porcentaje de pasto (lc_grass) [%]	Porcentaje de la cuenca cubierta por pastizales.
	A5: Porcentaje de arbusto (lc_shrub) [%]	Porcentaje de la cuenca cubierta por arbustos.
	A6: Clase geológica más común (geol_class) [-]	Clase geológica más común, dependiente del mapa litológico.
Climática	A7: Precipitación media (p_mean_cr2met) [mm/d]	Precipitación media diaria calculada a partir de CR2MET.
	A8: PET media (pet_mean) [mm/d]	Evapotranspiración potencial (PET) diaria media (calculada con la fórmula de Hargreaves).
	A9: Índice de aridez (aridity_cr2met) [-]	Relación entre la PET media diaria y la precipitación media diaria.
	A10: Estacionalidad de la precipitación (p_seasonality_cr2met) [-]	Estacionalidad y tiempo de precipitación (CR2MET) estimado usando curvas sinusoidales para representar los ciclos anuales de temperatura y precipitación, valores cercanos a cero indican una evapotranspiración uniforme.
Hidrológica	A11: Régimen hidrológico determinado por los coeficientes de Pardé [-]	El coeficiente de Pardé se define como la razón entre el caudal medio mensual y el caudal medio anual de la serie completa.

Selección de estación fluviométrica con registros de caudales

Se seleccionan 10 posibles estaciones candidatas como donantes de caudales a las cuencas sin observaciones fluviométricas delimitadas por las captaciones del APR Bahía Mansa en el estero Sin Nombre y río Tranallaguin. Las estaciones candidatas a analizar se encuentran en la zona sur de Chile, y tienen un grado de intervención humana menor a 0,05. El nombre de las estaciones y sus respectivos atributos se presentan en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3. Atributos de estaciones candidatas. Elaborado a partir de base de datos CAMELS-CL.

Cod. BNA	Estación	Lat [°]	Lon [°]	Á [km²]	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	Grado intervención humana [-]
10142003	Río Futa En Tres Chiflones	-39,97	-73,15	518,4	316,9	130,0	82,8	13,7	3,2	Sedimentarias	5,70	2,6	0,5	-0,8	0,00
10313001	Río Llollehue En La Union	-40,27	-73,08	691,0	182,4	98,8	34,2	56,4	2,5	Piroclásticas	5,20	2,7	0,5	-0,7	0,00
10328001	Río Pilmaiquen En San Pablo	-40,38	-73,00	2475,4	561,6	113,0	40,0	35,5	8,3	Piroclásticas	7,00	2,6	0,4	-0,6	0,01
10344003	Río Rahue Antes Junta Río Negro	-40,63	-73,18	2180,6	388,7	111,8	44,7	38,0	3,9	Piroclásticas	6,40	2,5	0,4	-0,6	0,02
10351001	Río Toro En Tegualda	-41,05	-73,38	340,4	162,0	82,4	29,8	63,2	4,7	Sedimentarias	4,10	2,6	0,6	-0,6	0,04
10356001	Río Negro En Chahuilco	-40,71	-73,23	2285,7	151,9	84,8	32,8	61,4	4,0	Sedimentarias	4,30	2,6	0,6	-0,6	0,04
10363002	Río Forrahue En Aromos	-40,89	-73,13	169,4	134,6	82,2	29,6	66,8	1,4	Sedimentarias	4,90	2,6	0,5	-0,6	0,04
10364001	Río Rahue En Forrahue	-40,52	-73,28	5614,2	234,4	92,9	35,0	54,7	3,5	Sedimentarias	5,20	2,6	0,5	-0,6	0,04
10405005	Río La Plata Antes Junta Río Hueyusca	-41,00	-73,60	67,2	464,8	205,7	86,9	10,0	3,1	Metamórficas	4,40	2,5	0,6	-0,7	0,04
10401001	Río Tranallaguin En Carrico	-40,58	-73,60	413,5	279,0	139,6	77,7	14,5	7,7	Sedimentarias	4,90	2,6	0,5	-0,7	0,04

Para la selección de la cuenca donante, se caracterizan los atributos de las estaciones candidatas en base a la similitud física y climática, considerando: área de la cuenca, elevación media, pendiente media, precipitación media, PET media e índice de aridez. Luego, las estaciones candidatas se jerarquizan en orden ascendente según los índices de disimilitud con respecto a las cuencas delimitadas por los puntos de captación del APR usando la fórmula (1) presentada en la Revisión Bibliográfica. Además, se determina la distancia de cada una con respecto a las cuencas delimitadas por los puntos de captación del APR Bahía Mansa en el estero Sin Nombre y río Tranallaguín. Finalmente, se selecciona la estación que tenga el menor índice de disimilitud y que se encuentre más próxima a las cuencas de interés.

Relleno de registros en estación fluviométrica

La estación donante que se escoge no cuenta con la totalidad de registros fluviométricos entre los años 2000 al 2018. Por lo que, a modo de tener una serie de caudales con meses completos disponibles de la cuenca donante para la estimación de caudales de los puntos de captación del APR, se rellenan a escala mensual los años que se consideran incompletos, ya sea por ausencia de registros medios mensuales o por presentar menos de 20 caudales medios diarios registrados por mes bajo la selección de estaciones que si cuentan con la información fluviométrica faltante.

Las estaciones candidatas para rellenar la información fluviométrica faltante de la estación donante seleccionada en el punto anterior, son las 9 estaciones restantes descritas en la Tabla 4.3, presentada anteriormente. El principal criterio de selección de estas es el coeficiente de determinación (R^2) entre los caudales de la estación donante y los caudales de estaciones más similares, teniendo en consideración que las estaciones tengan un grado de intervención humana menor a 0,05, estar ubicadas a una distancia menor a 100 [km] de la estación donante y poseer un índice de disimilitud bajo con respecto a dicha estación (considerando los atributos físicos, climáticos e hidrológicos presentados en la Tabla 4.2).

Bajo todas estas consideraciones, se escoge un máximo de tres estaciones que cuenten con un $R^2 > 0,80$. Luego, se ajusta una regresión lineal utilizando los meses completos en común entre la estación donante y la primera estación candidata seleccionada (según ecuación (2)), y se rellenan los caudales faltantes con dicha regresión. Se repite el procedimiento con las estaciones candidatas restantes en caso de que la primera estación candidata seleccionada no cuente con registros (considerando sólo datos observados).

$$Q_a = Q_b \cdot m + n \quad (2)$$

Donde

Q_a : Caudales medios mensuales de estación con falta de datos [m^3/s].

Q_b : Caudales medios mensuales de estación con datos completos [m^3/s].

m : Pendiente [-].

n : Ordenada [-].

4.4.2. Caudales medios mensuales en cuencas delimitadas por captación APR Bahía Mansa (sin registro fluviométrico)

Los caudales medios mensuales de los puntos de captación del APR Bahía Mansa son estimados de manera indirecta con el Método de Transposición de Caudales. Se calculan los

caudales medios mensuales de los puntos de captación para el período comprendido entre los años 2000-2018, la cual contiene toda la serie de datos históricos, según la ecuación (3).

$$Q_c = \frac{A_c}{A_{pe}} \cdot \frac{P_c}{P_{pe}} \cdot Q_{pe} \quad (3)$$

Donde

Q_c : Caudal medio mensual cuenca delimitada por punto de captación [m^3/s].

A_c : Área cuenca delimitada por punto de captación [km^2].

P_c : Precipitación media mensual cuenca delimitada por punto de captación [mm].

Q_{pe} : Caudal medio mensual medido en estación fluviométrica [m^3/s].

A_{pe} : Área cuenca delimitada por punto estación fluviométrica [km^2].

P_{pe} : Precipitación media mensual cuenca delimitada por estación fluviométrica [mm].

Una vez estimadas las series mensuales de caudal en los puntos de interés, se calculan las curvas de variación estacional (CVE) para diferentes probabilidades de excedencia según la distribución de Weibull (1939), en particular se consideran los caudales al 85% de probabilidad de excedencia (P_{ex}), ya que estos valores corresponden comúnmente al uso en la evaluación de disponibilidad del recurso hídrico en Chile (Escenarios Hídricos 2030, 2018) para los períodos comprendidos en 2000-2018 y 2010-2018.

4.4.3. Evapotranspiración media mensual

Se calcula la evapotranspiración potencial (ETP) usando el Método de Thornthwaite (1957) debido a que sólo se cuenta con datos de temperaturas medias mensuales para ambos puntos de captación. Para el cálculo de la ETP de cada mes, se utiliza la fórmula (4).

$$ETP_{tho} = e \cdot L \quad (4)$$

Donde

e : Evapotranspiración media mensual sin ajustar [mm].

L : Índice de iluminación mensual [-].

El índice de iluminación mensual (L) es un coeficiente que tiene en cuenta el número de días del mes y horas de luz de cada día en función de la latitud. Se considera el factor de corrección del número de días del mes (N_{di}) y la duración astronómica de día en horas de sol (N_i), la cual se obtiene del cuadro del Anexo E.

$$L_i = \frac{N_{di}}{30} \cdot \frac{N_i}{12} \quad (5)$$

En la fórmula (6) se describe cálculo de la ETP mensual sin corregir (e).

$$e = 16 \cdot \left(10 \cdot \frac{t_m}{I} \right)^a \quad (6)$$

Donde

e : Evapotranspiración mensual sin ajustar [mm].

t_m : Temperatura media mensual [$^{\circ}C$].

a : Parámetro en función de I [-].

I : Índice de calor anual [-].

Con $I = \sum_{j=1}^{12} i_j$; $j=1, \dots, 12$.

i: Índice de calor mensual [-].

$$ij = \left(\frac{tmj}{5} \right)^{1,514} \quad (7)$$

$$a = 0,000000675 \cdot I^3 - 0,0000771 \cdot I^2 + 0,01792 \cdot I + 0,49239 \quad (8)$$

Luego, utilizando la fórmula (9) que relaciona la precipitación y evapotranspiración potencial planteada por Dingman (2015), se determina la evapotranspiración real (ET).

$$ET = \frac{P}{\left(1 + \left(\frac{P}{ETP_{tho}} \right)^2 \right)^{1/2}} \quad (9)$$

Donde

P: Precipitación media mensual [mm].

ETP tho: Evapotranspiración potencial media mensual calculada con Thorthwaite [mm].

Finalmente, se presentaron las evapotranspiraciones reales medias mensuales para el período 2000-2018 y 2010-2018, con el objetivo de identificar la existencia de variaciones de evapotranspiración real para ambos períodos.

4.4.4. Cambio en el almacenamiento medio mensual

Para el balance hídrico de la cuenca se la ecuación general (10) donde $\Delta S/\Delta t$ es la variación en el almacenamiento de la cuenca, P es la precipitación, ET es la evapotranspiración real, Q es la escorrentía, y $G_{entrada}$ y G_{salida} son los flujos subterráneos de entrada y salida. Debido a la falta de información disponible respecto a los flujos subterráneos en ambos puntos de captación, se hace el supuesto que en el largo plazo la recarga de agua subterránea ($G_{entrada}$) es similar a la descarga en el punto de salida de la cuenca (G_{salida}), por lo que el balance utilizado queda expresado en la ecuación (11).

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = P - ET - Q + G_{entrada} - G_{salida} \quad (10)$$

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = P - ET - Q \quad (11)$$

Donde

$\frac{\Delta S}{\Delta t}$: Cambio en el almacenamiento (<0) o escasez (>0) de agua media mensual [mm/mes].

P: Precipitación media mensual [mm/mes].

ET: Evapotranspiración real media mensual [mm/mes].

Q: Escorrentía media mensual [mm/mes].

Finalmente, se realizan diagramas de Wundt para visualizar la variación de las componentes de agua a nivel mensual, considerando la escorrentía media mensual asociada al caudal al 85% Pex, y para los años promedio en los puntos de captación del APR en el río Tranallaguin y estero Sin Nombre para los períodos 2000-2018 y 2010-2018.

4.5. Análisis oferta – demanda

Caracterización de demanda por usuarios de APR Bahía Mansa

Se estima la dotación actual por usuario del APR Bahía Mansa, mediante la sistematización de encuestas y entrevistas descritas anteriormente, especificando los distintos tipos de uso (consumo humano, aseo personal, agricultura y ganadería) y actuales fuentes de abastecimiento. La estimación de la dotación actual de agua potable rural se compara con la dotación sugerida por la Organización Mundial de la Salud (2013) y SUBDERE (2015) de 100 [l/hab/d] para consumo humano y aseo personal en zonas rurales.

Cuantificación de Derechos de Aprovechamiento de Aguas dentro de cuencas de estudio

Para determinar la demanda de agua en las cuencas consideradas en este trabajo, se utiliza la base de datos de los DAA de la región de Los Lagos que fueron consignados hasta el 18 de diciembre 2019. Se realiza un filtro que considera los derechos superficiales consuntivos de ejercicio eventual y permanentes otorgados aguas arriba de los puntos de captación y que se encuentran dentro de las cuencas delimitadas por dichos puntos.

La base fue facilitada por Budde (2020), quien depuró las coordenadas registradas por la DGA, a través de la asignación de coordenadas basada en la proyección del centroide de la subsubcuenca/subcuenca/cuenca – según sea el caso – a la que pertenecen los derechos con las coordenadas transformadas a 32719 (WGS84, huso 19S).

Oferta – demanda actual

Para hacer un análisis oferta – demanda de las cuencas delimitadas por los puntos de captación del APR Bahía Mansa, se consideran los DAA superficiales consuntivos de ejercicio eventual y permanentes, y son comparadas con la oferta natural de agua utilizando las estimaciones de la serie mensual de cada cuenca para el período 2000-2018 y 2010-2018, con el propósito de tener una estimación de la seguridad hídrica de las cuencas.

Cabe destacar que la cuantificación de la demanda se realiza bajo el supuesto que todos los DAA otorgados son utilizados en su totalidad y no se consideran las extracciones no registradas por la DGA debido a la falta de información pública disponible. Además, se considera el caudal ecológico registrado en los DAA y en aquellos que no aparece, se realiza una estimación bajo las condiciones exigidas por el Artículo 1° del Decreto N° 71 asociadas a la determinación del caudal ecológico mínimo (MMA, 2015).

Para determinar la seguridad hídrica de las cuencas delimitadas por las captaciones del APR Bahía Mansa, se calcula la seguridad hídrica para la serie de caudales mensuales de los periodos 2000-2018 y 2010-2018 según la fórmula (12).

$$\text{Seguridad} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{N} \quad (12)$$

Donde

S: Satisfacción de la demanda mensual [-].

i: Denota el atributo por mes [-].

N: Número total de registros de caudales mensuales del periodo de estudio [-].

La satisfacción de la demanda se cumple cuando la oferta natural es mayor que la demanda por agua. De la siguiente manera: si $Q_i > Dda_i + Qe_i$ entonces si hay satisfacción de la demanda de agua ($S=1$) o, por el contrario, cuando $Q_i < Dda_i + Qe_i$ no existe satisfacción ($S=0$).

Oferta – demanda considerando proyecciones de cambio climático

A modo de tener una estimación de la seguridad hídrica considerando los efectos del cambio climático, se hace una proyección del caudal medio anual en los puntos de captación del APR en el río Tranallaguin y estero Sin Nombre. Para ello, se usan los resultados del Balance Hídrico Nacional de la macrozona sur y parte norte de la macrozona austral (DGA, 2019).

Se utilizan los datos de escorrentía media anual para los periodos 1985-2015 y 2030-2060 – en adelante llamados periodo histórico y futuro, respectivamente – de las Cuencas Costeras entre Río Bueno y Río Maullín para calcular el coeficiente de variación de escorrentía anual, el cual está dado por la diferencia normalizada de escorrentía histórica y la escorrentía futura bajo el escenario de cambio climático (ver ecuación 13).

$$\Delta_{Q_H-Q_F} = \frac{Q_H - Q_F}{Q_H} \quad (13)$$

Donde

$\Delta_{Q_H-Q_F}$: Coeficiente de variación de escorrentía anual [-].

Q_H : Escorrentía anual histórica [mm/año].

Q_F : Escorrentía anual futura [mm/año].

Los datos de escorrentía futura presentados en el Balance Hídrico Nacional fueron proyectados bajo el escenario RCP8.5⁶ para el periodo 2030-2060 por cuatro modelos de circulación general GCM (Global Climate Model) denominados: CSIRO-MK3-6-0, CCSM4, MIROC-ESM, IPSL-CM5A-LR (DGA, 2019), de modo que se obtienen cuatro coeficientes de variación de escorrentía anual (asociado a cada GCM).

Este coeficiente busca ajustar la oferta actual de escorrentía anual de las cuencas delimitadas por los puntos de captación del APR usando la proyección de escorrentía bajo los efectos del cambio climático, por ende, se pondera cada coeficiente obtenido con la ecuación (13) a la serie de caudal medio anual de ambos puntos de captación del APR con los datos del periodo 2000-2018 (usando ecuación 14) bajo el supuesto de que el cambio en el caudal medio anual de las Cuencas Costeras entre Río Bueno y Río Maullín se supone igual a las cuencas objetivo de este trabajo.

$$Q_P = Q \cdot (1 - \Delta_{Q_H-Q_F}) \quad (14)$$

Donde

Q_P : Caudal anual proyectado [l/s].

Q : Caudal anual (periodo 2000-2018) [l/s].

$\Delta_{Q_H-Q_F}$: Coeficiente de variación de escorrentía anual [-].

⁶ Representa el escenario más pesimista de los planteados dentro en el marco del CMIP5, y que considera un forzante radiativo adicional de 8.5 W/m² en el año 2100 con respecto a niveles preindustriales. Este escenario busca definir un límite superior en los efectos de cambio climático (DGA, 2019).

Finalmente, se analiza la diferencia entre la oferta natural anual bajo las cuatro proyecciones y los DAA otorgados a la fecha para ambas cuencas de estudio.

4.6. Calidad de aguas

Con el objetivo de generar información pública y sistémica sobre la calidad del agua, provenientes del río Tranallaguin y estero Sin Nombre para consumo humano a partir de las fuentes de abastecimiento a cargo del APR Bahía Mansa, se levanta información a partir de registros de ensayos de calidad del agua facilitados por comité APR Bahía Mansa y toma de muestras puntuales analizadas por el laboratorio de Calidad de Aguas Cooprinsem, realizadas con el apoyo de la directiva del comité APR y Catalina Acevedo, practicante Servicio País y estudiante de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

Además, se solicita información al Departamento de Conservación y Protección de los Recursos Hídricos (DCPRH) de la DGA que dispuso del Mapa Hidroquímico Nacional elaborado por el DICTUC S.A. (2019) que cuenta con registros históricos de los parámetros de calidad del agua correspondientes a la disponibilidad de datos de las estaciones fisicoquímicas vigentes según información oficial Hidrometeorológica y de Calidad de Aguas de la DGA para el período 1985-2020.

Según registros de la DGA, no existen estaciones de medición de calidad del agua en el río Tranallaguin, estero Sin Nombre, ni en ríos afluentes a los cauces de interés. Pese a ello, se selecciona la estación fisicoquímica más cercana a los puntos de captación del APR en el río Tranallaguin y estero Sin Nombre a una distancia de 22 [km] y 25 [km], respectivamente, con el propósito de levantar una línea base y tener una noción de la calidad del agua superficial de la zona. En la Tabla 4.4 se presentan los datos de la estación fisicoquímica seleccionada.

Tabla 4.4. Identificación de estación fisicoquímica cercana a las cuencas de estudio. Latitud y longitud corresponde a la ubicación de la estación de medición de parámetros de calidad de aguas. Elaborado a partir de Mapa Hidroquímico Nacional, DGA (2019).

Cod. BNA	Nombre estación	Cuenca	Latitud [°]	Longitud [°]
10364001-6	Río Rahue en Forrahue	Rio Bueno	-40,53	-73,27

La estación cuenta con registros de los siguientes parámetros: aluminio, bicarbonato, calcio total, cloruro total, conductividad, fósforo total, hierro total, magnesio total, nitrógeno de nitrato, oxígeno disuelto, pH, potasio total, sodio total, sulfato y temperatura del agua para distintos periodos de muestreo entre los años 1987-2018 (DGA, 2019).

Para fines de este trabajo, se analizan los datos de las muestras puntuales registradas del hierro total, conductividad eléctrica, pH y temperatura. Se presenta la evolución temporal de las mediciones anuales y periodo estival (noviembre a marzo) para el registro histórico de 1987-2019 con el fin de ver variaciones y tendencias de las concentraciones principalmente en los meses de verano de esta fuente de agua superficial.

Por otro lado, se analizan los parámetros medidos en dos informes de ensayos de Calidad del Agua del APR Bahía Mansa, al año 2018 y 2020, en agua captada desde el río Tranallaguin y estero Sin Nombre. Además, se realizan dos muestreos puntuales, uno correspondiente al agua ubicada

en el estanque de 15 [m³], la cual fue clorada y viene del estero Sin Nombre, y otra proveniente del mismo estanque, pero medida desde la llave de un domicilio particular ubicada a 1 [km] de distancia aproximadamente.

Se analizan los coliformes totales, *Escherichia Coli*, turbiedad, hierro, manganeso, STD, cloro libre residual y fluoruro, considerados parámetros básicos para el cumplimiento de la NCh N°409 debido a sus implicancias en la salud e infraestructura del sistema al sobrepasar las concentraciones límites máximas de la normativa, descontento de los usuarios en torno al color y sabor del agua y por los registros de muestreos puntuales de parte del comité APR.

La presencia de turbiedad por sobre la normativa está asociada a las partículas en suspensión o coloides que reducen la transparencia del agua y la presencia de parámetros microbiológicos en el suministro de agua es un indicio de que el suministro de agua puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición.

Se selecciona el fluoruro, hierro y manganeso como elementos esenciales de importancia para la salud humana. Sin embargo, en cantidades altas traen problemas como daño en estructura ósea y alterar el sabor del agua, así como alteraciones en la turbidez y el color del agua.

Respecto a los parámetros organolépticos, se analiza el pH y la conductividad, este último con el fin de obtener un estimado de los sólidos disueltos totales (SDT), entendiéndolos como la suma de iones en el agua. Para obtener la cantidad de SDT, se usa la ecuación (15).

$$SDT= 1,5 \cdot CE \quad (15)$$

Donde

SDT: Sólidos disueltos totales [mg/l].

CE: Conductividad eléctrica [μ S/cm].

4.7. Levantamiento de propuestas

Una vez observado y analizado el sistema completo que involucra al APR, considerando aspectos administrativos, infraestructura actual, disponibilidad hídrica, tipos de usos del agua, calidad del agua y prácticas de adaptación señaladas por la población encuestada, se levantan las bases para generar propuestas que fortalezcan el funcionamiento del comité APR y se sugirieren fuentes alternativas para el abastecimiento frente a los problemas de escasez en periodo estival existente en la localidad.

Las propuestas se dividen en medidas de gestión y estructurales. Las medidas de gestión se basan en líneas de acción que permitan una mejor planificación y preparación para enfrentar la situación actual. Mientras que las medidas estructurales se vinculan a la mejora de la infraestructura actual y construcción de nuevas obras. A continuación, se presentan los principales aspectos considerados en cada medida propuesta.

Medidas de control

Se proponen mejoras en la administración del comité a través de la información recopilada de entrevistas respecto al análisis del manejo del APR y las bases levantadas por la Mesa N° 1 de Compromiso País (2020): “Personas que residen en una vivienda sin servicios sanitarios básicos”

y la Ley N° 20.998 (2017). Por otro lado, se entregaron sugerencias en el monitoreo de parámetros de calidad del agua considerando la frecuencia y cantidad de parámetros a muestrear en la NCh N° 409/02 y lo señalado por el Manual de proyectos de Agua Potable Rural del MOP (2019).

Medidas de mejora

Se sugieren arreglos a la infraestructura del sistema de abastecimiento del APR y así, cumplir con la meta del Plan de desarrollo local Bahía Mansa 2017-2021 respecto al abastecimiento de agua potable levantada por el PLADECO el año 2017. Producto de que, a abril del 2021, la DOH se encuentra trabajando en el diseño de anteproyecto de Ingeniería para el Mejoramiento y Ampliación del APR Bahía Mansa (2019), en este apartado sólo se levantan propuestas y se estiman tiempos de ejecución bajo los plazos definidos en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5. Definición de plazos de ejecución.

Plan de acción	Definición
Corto plazo	Menos de un año
Mediano plazo	Uno a tres años
Largo plazo	Más de tres años

Fuentes alternativas

Se propone un sistema de captación de aguas lluvias para el corto plazo, como potencial fuente alternativa y complementaria de abastecimiento de agua potable a las fuentes de abastecimiento ya existentes a cargo del APR Bahía Mansa. La propuesta considera la experiencia y conocimiento de los usuarios entrevistados y encuestados respecto a su capacidad de adaptación frente a los problemas de abastecimiento en periodo estival.

El diseño de captación de aguas lluvias se basa en los criterios de diseño del “Manual de diseño y construcción de sistemas de captación de aguas lluvias en zonas rurales de Chile” (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2015) que además considera el proceso de filtración directa y cloración del agua. En tanto al dimensionamiento, estos se adaptan al informe oficial de instalación de sistemas de recolección, acumulación y aprovechamiento de aguas lluvias y sistema productivo, Provincia de Llanquihue (Comisión Nacional de Riego [CNR], 2018) considerando las especificaciones técnicas de los componentes del diseño.

Para el diseño de las obras del sistema de captación y acumulación de aguas lluvias, se consideraron los siguientes aspectos:

1. **Precipitación de diseño:** Se calcula la probabilidad de excedencia del 90% del promedio mensual de precipitaciones con el fin de asegurar que en 9 de cada 10 años se cuente con agua disponible definida en el diseño (UNESCO, 2015).
2. **Área de captación:** Se selecciona de ubicación de ladera o techo, desprovisto de vegetación, que captura el agua proveniente de la lluvia. Las dimensiones dependen de la precipitación de diseño y del coeficiente de escorrentía asociado al material (zinc) y del volumen de almacenamiento. Se calcula según ecuación (16).

$$A = \frac{V}{P \cdot C} \quad (16)$$

Donde

A: Área de captación en la ladera [m²].

V: Volumen de acumulación [m³].

P: Precipitación de diseño [m]

C: Coeficiente de escorrentía [-].

3. **Sistema de conducción:** Se dimensiona de tal manera que el agua se movilice por diferencia de gravedad a partir el agua captada desde la superficie impermeabilizada hasta el estanque de acumulación. En esta sección se incluye sistema de filtración directa de sedimentos con el objetivo de almacenar agua más limpia.
4. **Sistema de acumulación:** Se deposita el agua almacenada en estanques de acumulación, la cual recibe tratamiento de cloración mediante un dosificador automático de cloro.
5. **Elevación por bombeo:** Se conduce el agua tratada a la conexión de agua potable.

Una vez diseñado el sistema, se hace un presupuesto con precios de mercado al año 2021. A modo que el APR Bahía Mansa pueda tener una noción de los costos asociados a la ejecución de este proyecto en su localidad, se detallan los costos de operación, administración y mantención de esta propuesta para que puedan ser considerados al momento de comparar los costos involucrados en el uso de camiones aljibes en periodo estival, dejando de lado los ingresos económicos del APR debido a la falta de información. Se usa el enfoque de eficiencia, asumiéndose que el sistema opera durante periodo estival y que genera beneficios por largo periodo de tiempo en la localidad. A continuación, se definen los costos asociados a la implementación del sistema de captación de aguas lluvias.

- **Costos de inversión inicial:** Corresponden a la infraestructura y equipamiento para la producción de agua potable a partir del sistema de captación de aguas lluvias. Estos costos incluyen el presupuesto del sistema diseñado.
- **Costos de operación, reposición y mantención:** Se registran a lo largo de la vida útil del proyecto y son los que permiten el funcionamiento y mantención del sistema. En la Tabla 4.6 se detallan dichos costos.

Tabla 4.6. Definición de costos. Adaptado a la propuesta del diseño de captación de aguas lluvias a partir de las consideraciones planteadas por el MOP (2019).

Costo	Descripción
Operación	Consumo de energía eléctrica, uso de productos químicos y remuneración de personal.
Mantención	Actividades de mantención preventiva y reparaciones menores que requiere el sistema a nivel de captación, equipo, sistemas de control, estanques, reparación de bombas, materiales y mano de obra que se requiere para mantener de buena forma el funcionamiento del sistema.
Reposición	Renovación de equipos del sistema.

Además, se propone un sistema de reutilización de aguas grises provenientes del hogar, específicamente: ducha, lavadora y lavamanos, para su uso exclusivo en riego de pequeña agricultura como una medida de adaptación potencial a la escasez de agua en periodo estival. El diseño fue propuesto por López (2009) y ejecutado en establecimientos educacionales en el norte del país a través del financiamiento del Fondo de Protección Ambiental del Ministerio del Medio Ambiente durante el mismo año, y adaptado por Morales (2012) para ser implementado en una

vivienda particular. El diseño del sistema propuesto consistió en un filtro de arena para remover aceites y grasas en aguas grises, un estanque de almacenamiento enterrado, un sistema de bombeo y una manguera para aplicar el agua tratada en el riego.

El alcance de esta última alternativa es a nivel individual en domicilios particulares, por lo que se elabora un presupuesto considerando solamente los costos de equipos y materiales que componen el sistema propuesto con precios actualizados al año 2021.

5. Resultados y discusión

5.1. Diagnóstico de sistema de abastecimiento y saneamiento

A continuación, se describen los principales hallazgos en torno a la estructura, cobertura, infraestructura y sistema tarifario del Comité APR Bahía Mansa, detallando el estado de los sistemas de producción y distribución de agua potable, y la ausencia de recolección, tratamiento y disposición final de aguas servidas. Además, se presentan las principales dificultades y desafíos del comité APR, y los problemas más urgentes reconocidos en la Agenda de Infraestructura y Equipamiento del Plan de Desarrollo Local de la comuna de San Juan de la Costa para el año 2021.

5.1.1. Cobertura

El comité APR Bahía Mansa se fundó en el año 1983. El APR sólo dispone de sistema de producción y distribución de agua potable, y no cuenta con sistema de alcantarillado ni tratamiento de aguas residuales. A octubre 2020, tiene 293 usuarios inscritos y posee 445 arranques domiciliarios. Existen 300 arranques que pertenecen a residentes, 135 arranques de segunda vivienda y 10 arranques son de carácter público (APR Bahía Mansa, 2020). Según la base de datos de APR a nivel nacional dispuesto por la Subdirección de SSR, a junio del 2020, son 1.414 los beneficiarios estimados del suministro dispuesto por el APR Bahía Mansa.

Es importante señalar que los 1.414 beneficiarios estimados por la Subdirección de SSR (2020) no necesariamente se condice con la realidad local debido a que dicha estimación no considera la estacionalidad de veraneantes. Bahía Mansa, al ser un balneario rural, una de las principales actividades económicas es el turismo durante el periodo estival, existiendo un aumento en el flujo de veraneantes que no ha sido posible cuantificar por parte del comité y no es reconocida por el Sistema Nacional de Inversiones del MDSF. Por lo que, es un factor importante para considerar en las estimaciones de la demanda de agua.

5.1.2. Tarifas

El APR Bahía Mansa desde noviembre del 2018 ha mantenido su tarifa considerando un cargo fijo de \$4.000 y un cargo variable de \$500/m³ para un consumo mensual de hasta 20 m³, el cual va aumentando según la cantidad de m³ de sobreconsumo, tal como se aprecia en la Tabla 5.1. Las tarifas fueron fijadas por el APR mediante el asesoramiento de la empresa de Servicios Sanitarios de Los Lagos S.A. (ESSAL) (APR Bahía Mansa, 2020).

Tabla 5.1. Cargo fijo y variable según cantidad de [m³] de agua consumidos. Fuente: Informe Profesionales Servicio País Bahía Mansa 2020-2021.

Consumo [m ³]	Cargo fijo mensual	Cargo variable mensual
0-20	\$ 4.000	\$ 500/m ³
21-50	\$ 4.000	\$ 630/m ³
51-100	\$ 4.000	\$ 750/m ³
101-150	\$ 4.000	\$ 880/m ³
151-200	\$ 4.000	\$ 1.000/m ³
200 o más	\$ 4.000	\$ 1.250/m ³

En la Figura 5.1, del total de usuarios inscritos al servicio al año 2020 se observó que el 71% de los usuarios realizaba pago mensual de tarifa, 3% se encontraba exento de pago, 4% tenía el suministro cortado luego del no pago por dos meses consecutivos, y el 22% se encontraba subvencionado (APR Bahía Mansa, 2020) gracias al subsidio al pago de consumo de agua potable para las familias consideradas vulnerables según el MDSF dada su declaración de situación socioeconómica por parte del Registro Social de Hogares. Esta se vincula a la realidad socioeconómica de los habitantes de Bahía Mansa según la situación de pobreza por ingresos y multidimensional declarada por la SAE (2017).

Por otro lado, los usuarios que se encontraban exentos de pago estaban a nombre de personas naturales y al Cuerpo de Bomberos de San Juan de la Costa ubicados en Bahía Mansa. En el documento facilitado por el APR no se detallaba el motivo de eximición de los pagos. Por ende, el APR recibe el pago mensual de 274 usuarios, correspondientes a un 93% del total de inscritos activos.

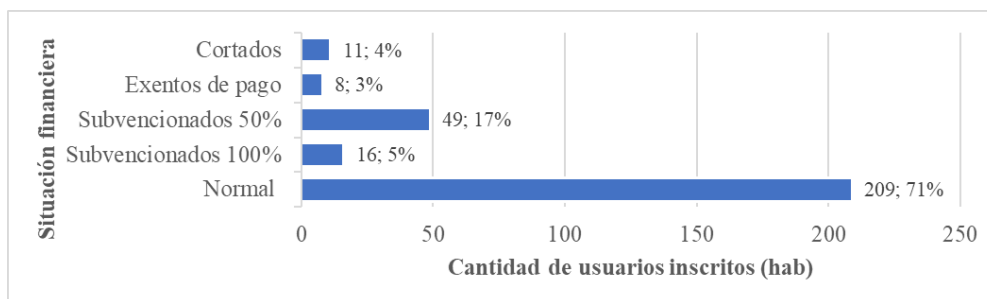


Figura 5.1. Cantidad y porcentaje de inscritos respecto al total, a octubre del 2020. Fuente: APR Bahía Mansa.

Además, se les consultó a los usuarios encuestados respecto al conocimiento en la definición de tarifas por parte del APR. El 6% de la muestra tuvo conocimiento respecto a la composición de la tarifa de acuerdo a un cargo fijo—asociado a la operación, mantenimiento, y las necesidades de inversión y reposición del servicio—y un cargo variable de acuerdo a la cantidad de metros cúbicos mensuales consumidos por arranque, tal como se aprecia en la Figura 5.2.

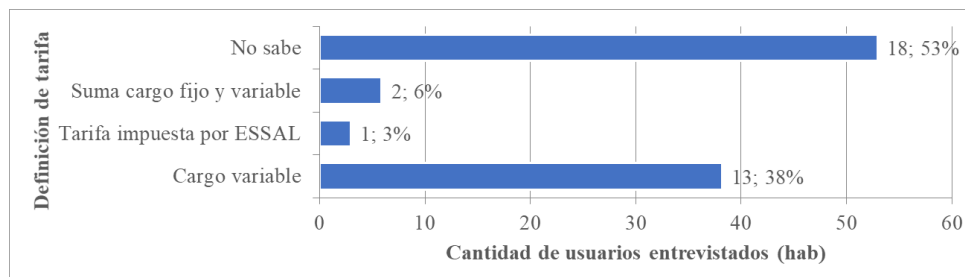


Figura 5.2. Cantidad y porcentaje de encuestados con conocimiento de definición de tarifa asociada al acceso al agua potable. Fuente: Entrevistas realizadas a usuarios de APR Bahía Mansa, 2020.

5.1.3. Derechos de Aprovechamiento de Aguas

El APR Bahía Mansa posee tres DAA, los cuales se describen a continuación. El detalle de cada DAA se encuentra en el Anexo F.

1. DAA consuntivo de aguas superficiales, de ejercicio permanente y continuo por 10 [l/s] en el río Tranallaguin, en favor del Servicio Nacional de Obras Sanitarias (SENDOS) desde el año 1986. El agua se capta por elevación mecánica en la ribera izquierda del río Tranallaguin en un

punto que se ubica a 20 [m] al norte de la bifurcación del camino Osorno-Bahía Mansa y Osorno-Pucatrihue ubicado a 7 [km] aguas arriba de la desembocadura del río al mar.

2. DAA consuntivo de aguas superficiales, de ejercicio permanente y discontinuo, y eventual y continuo en Estero Sin Nombre, en favor del Comité de Agua Potable Rural de Bahía Mansa desde el año 2005 (Tabla 5.2).

Tabla 5.2. Cantidad de caudal en [l/s] asociado a los distintos tipos de ejercicios. Fuente: DAA en favor de Comité de APR Bahía Mansa, año 2005.

Ejercicio	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Permanente y discontinuo	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0
Eventual y continuo	1,7	1,6	3,0	3,0	3,0	2,5	3,0	3,0	3,0	3,0	2,9	3,0

3. DAA consuntivo de aguas superficiales, de ejercicio permanente y continuo de 8 [l/s] en Estero Sin Nombre, en favor del Comité de Agua Potable Rural de Bahía Mansa desde el año 2005. Lamentablemente, este último DAA no ha podido ser utilizado por el APR debido a restricciones de acceso a terreno privado donde no se autoriza el paso.

5.1.4. Infraestructura

El sistema APR Bahía Mansa cuenta con dos puntos de captación, ubicados en el río Tranallaguin y estero Sin Nombre, y cuatro estanques de almacenamiento de agua (ver Figura 5.3).



Figura 5.3. Mapa de distribución geográfica de puntos de captación y almacenamiento de agua.

El agua captada desde el río Tranallaguin es impulsada por una motobomba de pozo profundo, marca KSB Modelo 150 S-34/1, hasta el estanque de 50 [m³], pasando previamente por un filtro a presión, marca QMA-210, de operación manual y un dosificador de cloro, modelo ELADOS EMP marca Ecolab II, de operación automática. El agua tratada es conducida por gravedad desde el estanque de 50 [m³] al estanque de 30 [m³].

Por otro lado, el agua captada desde el estero Sin Nombre es conducida a los estanques semienterrados de hormigón de 20 [m³] y 30 [m³] a través de una tubería de PVC de 90 [mm] con una aducción de PVD-C6 de 110 [mm]. Previo a llegar a los estanques de almacenamiento, las aguas pasan por un filtro, marca Manantial modelo FAL-1400 10 [l/s], a presión atmosférica y de operación automática, y es clorada mediante un dosificador de cloro marca PROMINET de operación manual.

Finalmente, el agua tratada almacenada en estanque de 30 [m³], proveniente de ambas captaciones, es impulsada al estanque metálico de 15 [m³] mediante dos electrobombas, marca PEDROLLO modelo 2CP 40/180 B 5,5 KW 7,5HP de operación automática regulada por un presostato para ser distribuida a la red de agua potable de 10,6 [km] de longitud.

En la Figura 5.4 se presenta el esquema del sistema de captación, tratamiento y distribución de agua potable rural considerando las fuentes de abastecimiento y los estanques que posee el APR.

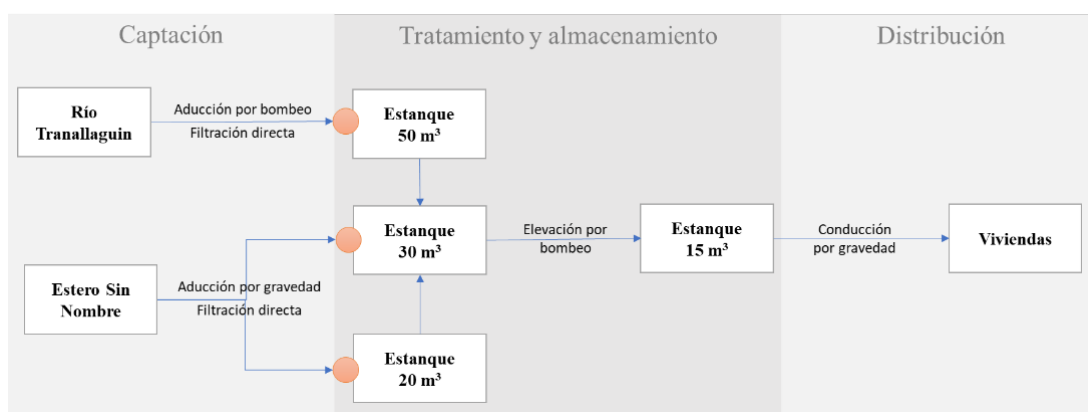


Figura 5.4. Esquema de sistema de captación, tratamiento, almacenamiento y distribución de APR Bahía Mansa. Elaboración propia a partir de Plan de Mejoramiento Servicio de Agua Potable Rural de Bahía Mansa, Comuna San Juan de la Costa, Región de los Lagos, MOP (2001).

Sin embargo, el sistema presenta los siguientes problemas de infraestructura:

- i) Mal estado de cañería de impulsión desde río Tranallaguin: No es posible extraer agua desde el río producto de filtraciones de agua en los primeros 750 [m] de cañería, compuesta de acero galvanizado, desde la captación a los estanques de almacenamiento. Según señala el APR Bahía Mansa (2020), la cañería posee más de 30 años de antigüedad, presenta corrosión y nunca se le ha hecho mantención.
- ii) Intermittencia de impulsión en captación de río Tranallaguin: La bomba pierde cebado debido a cortes de suministro eléctrico prolongados, y producto de que la capacidad de bombeo del equipo KSB Modelo 150 S-34/1 es superior a la capacidad de recuperación, presentando un funcionamiento de 15 min. de bombeo por 6 min. de tiempo de espera de recuperación, esto ha provocado que la bomba no eleve agua de manera continua (MOP, 2001).
- iii) Tratamiento de aguas deficiente: Sólo se realiza cloración del agua captada, debido a que el filtro auto limpiante, marca Manantial modelo FAL-1400 10 l/s, no logra alcanzar los 4 l/s de manera constante el caudal mínimo para su operación desde el año 2010 (APR Bahía Mansa, 2020).

Los problemas descritos, a excepción de la inoperatividad del filtro, deberían haber sido solucionados en el año 2001 con el plan de “Mejoramiento Servicio de Agua Potable rural de Bahía

Mansa, Comuna San Juan de la Costa, Región de los Lagos” elaborado por el MOP, sin embargo, el plan no terminó de ejecutarse debido a problemas financieros (APR Bahía Mansa, 2020).

A su vez, desde el año 2010, durante los meses de diciembre a marzo, la distribución de agua proveniente de la captación del estero ha presentado un servicio parcializado, entregando agua en dos momentos al día: 7:00 am. a 9:00 am. y 10:00 am. a 21:00 pm. debido a que en las otras horas de operación se realiza el llenado de estanque. Todos los problemas anteriormente descritos, han impedido la provisión adecuada a sus usuarios.

Por otro lado, respecto al saneamiento, la localidad no cuenta con red de alcantarillado ni tratamiento de aguas residuales. Según lo consultado a usuarios mediante la encuesta, los domicilios cuentan en su totalidad con fosa séptica.

5.1.5. Plan de desarrollo local Bahía Mansa 2017-2021

El Plan de Desarrollo Comunal (PLADECO) nació según la organización de las principales acciones que se deben llevar a cabo en la comuna de San Juan de la Costa, bajo la conducción del municipio, durante el periodo de 2017 al 2021 para resolver los problemas más urgentes de los habitantes.

Este instrumento de planificación se ordenó bajo cuatro ejes que pretenden dar cuenta de las problemáticas existentes en el territorio: Agenda de Infraestructura y Equipamiento comunitario; Agenda de Protección Social; Agenda de Fomento Productivo y Agenda de Participación, Cultura, Deporte y Medio Ambiente.

En la Tabla 5.3 se muestran los principales objetivos de la comuna para la localidad de Bahía Mansa en lo que respecta a la agenda de Infraestructura y Equipamiento.

Tabla 5.3. Agenda de Infraestructura y Equipamiento de Plan de Desarrollo Local 2017-2021. Fuente: I. Municipalidad de San Juan de la Costa, 2017.

Meta	Acción
Lograr terminar estudio de mejoramiento y ampliación de sistema de APR de Bahía Mansa para su posterior ejecución.	Lograr el financiamiento y ejecución del sistema de APR de Bahía Mansa, a través del Ministerio de Obras Públicas o Gobierno Regional.
Lograr asignación de recursos para estudio de la construcción del sistema de tratamiento y disposición final de aguas servidas domiciliarias de Bahía Mansa.	Lograr la asignación por parte de la Secretaría de Desarrollo Regional de los recursos necesarios, para la ejecución del proyecto de alcantarillado de Bahía Mansa.

5.1.6. Dificultades APR Bahía Mansa

Sumado a los problemas de infraestructura anteriormente descritos, se describen las principales dificultades a las que se ha visto enfrentado el APR Bahía Mansa.

- i) Falta de información de cantidad y calidad de las fuentes: El APR Bahía Mansa declaró que no cuenta con mediciones de caudales tanto del río como del estero, existiendo incertidumbre frente a la disminución de caudal y calidad del agua en el río Tranallaguin y estero Sin Nombre. Este último es insuficiente para abastecer la demanda de agua durante el período estival. Además, tanto la directiva como sus usuarios comentaron su preocupación por la calidad del

agua en los meses de verano donde el agua no es incolora, ni insípida (APR Bahía Mansa, 2020).

- ii) Uso de camiones aljibes: Debido a la escasez de agua durante el período estival, el Comité APR Bahía Mansa ha tenido que solicitar agua mediante camiones aljibes durante los últimos cinco años (APR Bahía Mansa, 2020). A enero 2021, el Cuerpo de Bomberos de San Juan de la Costa dispuso de su camión para proveer de agua al estanque de almacenamiento de 15 m³, el cual es llenado al menos dos veces por semana con 10 m³ de agua proveniente de un estero cercano al río Tranallaguin ubicado a las afueras de Bahía Mansa (no se cuenta con su ubicación exacta). Esta medida paliativa ha traído bastante preocupación tanto a los usuarios como a la directiva debido a la dependencia que se ha generado para disponer de agua cada día.
- iii) Falta de información de demanda de agua potable: Durante el período estival existe un aumento significativo del uso de agua producto de la llegada de veraneantes, la cual no ha sido posible cuantificar por parte del APR, dificultando el conocimiento de la cantidad de agua consumida durante los meses de verano.

5.1.7. Prácticas de adaptación

En consideración a las dificultades de gestión y problemas de infraestructura del APR Bahía Mansa, en las encuestas se consultó por prácticas de adaptación ante los problemas de escasez durante periodo estival que consideran adecuadas implementar a la realidad local. En esta pregunta se permitió a los usuarios encuestados seleccionar más de una alternativa, por lo que se obtuvieron 56 respuestas en torno a las prácticas de adaptación, tal como se observa en la Figura 5.5.

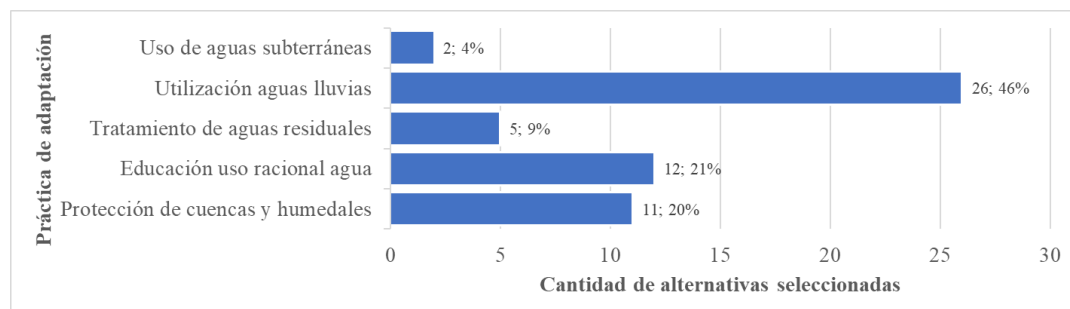


Figura 5.5 Propuestas de adaptación a la escasez hídrica según usuarios encuestados. Fuente: Encuestas realizadas a usuarios de APR Bahía Mansa, 2020.

El 46% de las respuestas consideraron la utilización de aguas lluvias para uso domiciliario como una medida de adaptación; 21% calificó importante que se realicen actividades para fortalecer la educación respecto al uso racionado del agua, haciendo hincapié en la importancia de informar cuales son los problemas concretos de escasez que presenta la localidad; 20% priorizaron la protección de cuencas y humedales de la zona; y el 5% consideró el tratamiento de aguas residuales como una medida de adaptación, sin embargo, los usuarios que sugirieron esta medida señalaron que esta sería una opción a largo plazo debido a los altos costos de inversión.

Por otra parte, de la muestra sólo dos usuarios encuestados han recibido capacitación en torno a la recolección de aguas lluvias como una actividad de adaptación a la escasez y a la falta de gestión de recursos hídricos. Ambos declararon que los conocimientos adquiridos les permitieron implementar sus propios sistemas de recolección a escala domiciliar, los cuales utilizan como

medida paliativa al momento de que el sistema de APR no es capaz de permitir la provisión continua de agua a través de su red de distribución.

5.2. Disponibilidad hídrica

En este apartado se presenta la cuenca donante seleccionada para la estimación de caudales de las cuencas delimitadas por los puntos de captación del APR Bahía Mansa en el río Tranallaguin y estero Sin Nombre, y las componentes asociadas al balance hídrico para ambas cuencas de estudio en los periodos del 2000-2018 y 2010-2018.

5.2.1. Caudales medios mensuales de estación fluviométrica

En la Tabla 5.4 se presentan los índices de disimilitud y distancias de las cuencas delimitadas por las estaciones candidatas con respecto a las cuencas delimitadas por los puntos de captación del APR Bahía Mansa en el río Tranallaguin y estero Sin Nombre.

Tabla 5.4. Índices de Disimilitud (S) y distancias de estaciones candidatas con respecto a captación de APR en río Tranallaguin y estero Sin Nombre.

Estación	Río Tranallaguin		Estero Sin Nombre	
	S [-]	Distancia [km]	S [-]	Distancia [km]
Río Futa En Tres Chiflones	5,66	80,6	5,58	84,9
Río Llollelhue En La Union	5,75	62,1	5,60	65,9
Río Pilmaiquen En San Pablo	8,12	62,5	7,90	66,3
Río Rahue Antes Junta Río Negro	5,89	43,6	8,21	46,8
Río Toro En Tegalda	3,97	63,8	4,39	66,9
Río Negro En Chahuilco	3,22	41,8	4,15	44,4
Río Forrahue En Aromos	3,98	58,4	4,31	61,1
Río Rahue En Forrahue	4,04	35,3	4,05	39,1
Río La Plata Antes Junta Río Hueyusca	5,13	47,6	7,26	46,8
Río Tranallaguin En Carrico	3,20	7,6	4,08	11,2

Se selecciona la estación fluviométrica “Río Tranallaguin en Carrico” como estación base para estimar los caudales a las cuencas delimitadas por los puntos de captación del APR Bahía Mansa debido a su cercanía a los puntos de captación del APR en el río Tranallaguin y estero Sin Nombre, la cual se ubica a una distancia de 7,6 [km] y 11,2 [km], respectivamente, y a su vez, contiene a la cuenca delimitada por el punto de captación del APR en el río Tranallaguin. En la Tabla 5.5 se presentan sus principales características.

Tabla 5.5. Identificación de estación fluviométrica Tranallaguin en Carrico y atributos de su cuenca aportante. Elaborado a partir de División de Hidrología y Unidad SIG del División de Estudios y Planificación, DGA y CAMELS-CL.

Atributo	Descripción
Cod. BNA	104010011
Nombre estación	Río Tranallaguin en Carrico
Subsubcuenca a la que pertenece	Costeras entre río Llesquehue (Incluido) y río Hueyelhue (río Tranallaguin)
Latitud [°]	-40,58
Longitud [°]	-73,6
Área [km ²]	412,2
Elevación estación [m.s.n.m.]	29
Elevación media [m.s.n.m.]	279
Elevación máxima [m.s.n.m.]	1021
Índice de aridez [-]	0,5
Grado de intervención humana [%]	3,6

Dado que la estación donante “Tranallaguin en Carrico” no cuenta con un registro completo de caudales medios mensuales para el periodo 2000-2018, se procede a rellenar la información fluviométrica faltante.

En la Tabla 5.6 se presentan los coeficientes de determinación (R^2) y los índices de disimilitud (S) obtenidos para cada estación candidata considerando todos los atributos descritos en la Tabla 4.2. Se seleccionan en orden las estaciones “Río Futa en Tres Chiflones”, “Río Rahue en Forrahue” y “Río La Plata antes junta Río Hueyusca” como primeras candidatas debido a que presentan un R^2 con respecto a la estación “Río Tranallaguin en Carrico” más cercano a cero. A su vez, presentan un S bajo.

Tabla 5.6. Coeficiente de determinación (R^2) e índices de disimilitud (S) de atributo de estaciones preseleccionadas con respecto a estación “Río Tranallaguin en Carrico”.

Estación	Coeficiente de determinación R^2 [-]	Índice disimilitud [-]
Río Futa En Tres Chiflones	0,84	3,73
Río Llollel hue En La Union	0,77	6,81
Río Pilmaiquen En San Pablo	0,8	7,68
Río Rahue Antes Junta Río Negro	0,79	7,60
Río Toro En Tegalda	0,82	7,37
Río Negro En Chahuilco	0,69	7,32
Río Damas En Tacamo	0,81	8,74
Río Forrahue En Aromos	0,89	7,72
Río Rahue En Forrahue	0,84	5,96
Río La Plata Antes Junta Río Hueyusca	0,83	5,14

Además, se calculan los coeficientes de Pardé a todas las estaciones candidatas para el periodo 2000-2018, evidenciándose que todas presentan régimen pluvial (ver Figura 5.6).

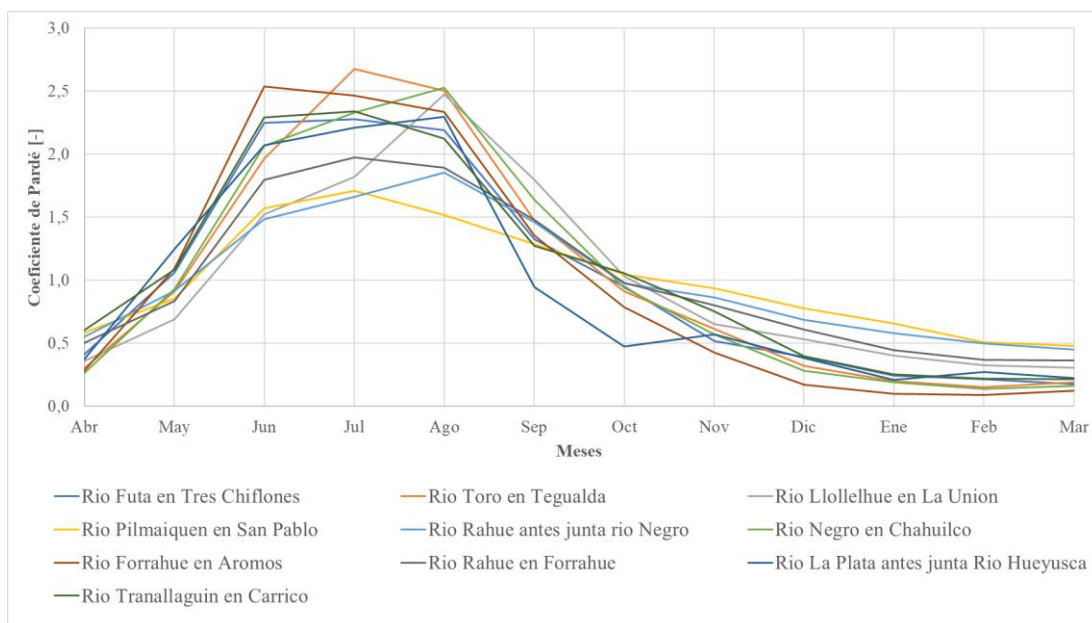


Figura 5.6. Coeficientes de Pardé de cuencas candidatas para relleno de información fluviométrica en estación “Río Tranallaguin en Carrico”.

Luego de rellenar los datos faltantes en la estación fluviométrica “Tranallaguin en Carrico”, se analiza la serie histórica de caudales medios anuales (ver la Figura 5.7), observándose una tendencia a la disminución de 0,21 [m³/s] por año.

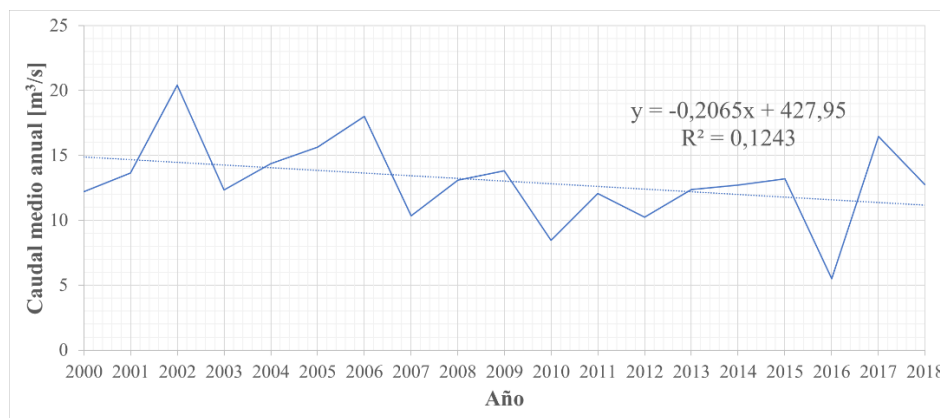


Figura 5.7. Caudales medios anuales y tendencia lineal con pendiente -0,207 de registros históricos en estación fluviométrica Tranallaguin en Carrico. Datos registrados período 2000-2018 por DGA.

5.2.2. Caudales medios mensuales en cuencas delimitadas por captación APR Bahía Mansa

En la Tabla 5.7 se presenta la estimación de caudales medios mensuales para las cuencas delimitadas por los puntos de captación del APR para los períodos 2000-2018 y 2010-2018. En ambas cuencas se observa que los caudales mínimos mensuales ocurren en período estival bajo condiciones de régimen natural, siendo marzo el que registra los menores caudales con 5 [m³/s] y 31,2 [l/s] para la captación en el río y en el estero, respectivamente.

Tabla 5.7. Caudales medios mensuales en [m³/s] de estación fluviométrica Tranallaguin en Carrico y puntos de captación del APR para períodos 2000-2018 y 2010-2018. Elaboración propia con base de datos de la DGA.

	Período	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Tranallaguin en Carrico [m ³ /s]	00-18	7,0	15,7	27,3	27,4	27,3	15,4	11,5	9,0	5,3	3,6	2,9	3,3
	10-18	5,4	14,4	22,0	21,1	30,1	15,4	9,8	8,1	5,1	3,0	3,1	2,9
Captación río Tranallaguin [m ³ /s]	00-18	11,4	26,1	44,4	44,7	43,7	24,9	19,1	15,4	9,3	6,2	4,9	5,6
	10-18	8,9	23,5	35,4	34,8	48,1	24,8	16,0	13,9	8,9	5,2	5,2	5,0
Captación estero Sin Nombre [l/s]	00-18	69,8	157,8	264,1	265,4	263,8	147,3	112,7	93,7	57,3	37,7	30,8	34,8
	10-18	54,6	140,6	211,7	206,1	290,2	147,7	94,6	84,1	55,2	32,1	32,7	31,2

En la Figura 5.8 5.8 y Figura 5.9 se muestran los caudales medios mensuales al 85% de probabilidad de excedencia para ambos puntos de captación.

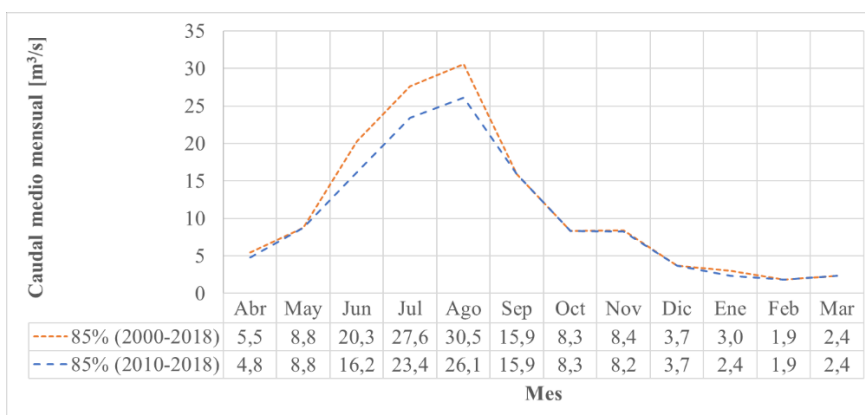


Figura 5.8. Caudales medios mensuales a 85% de Probabilidad de Excedencia de captación de APR en río Tranallaguin, para ambos periodos de estudio. Elaboración propia con base de datos de la DGA.

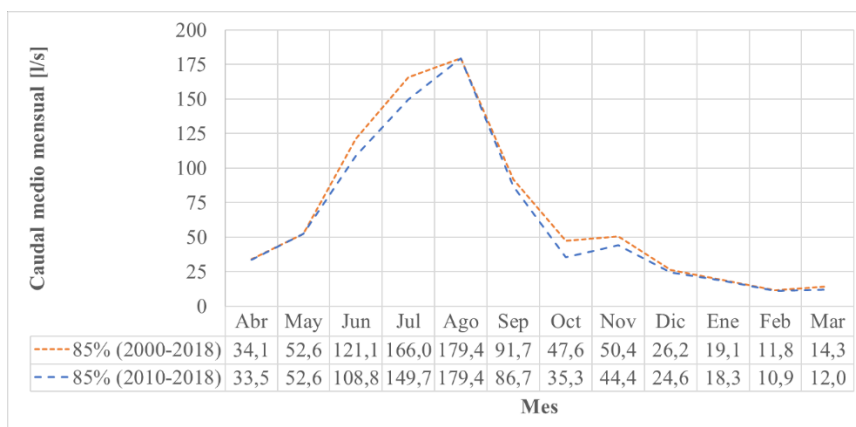


Figura 5.9. Caudales medios mensuales a 85% de Probabilidad de Excedencia de captación de APR en estero Sin Nombre, para ambos periodos de estudio. Elaboración propia con base de datos de la DGA.

5.2.3. Pérdidas evapotranspirativas

La Tabla 5.8 muestra los valores de las pérdidas evapotranspirativas medias mensuales estimadas para ambos períodos de estudio. Se observa un aumento de las pérdidas evapotranspirativas en los meses de diciembre a marzo para el período 2010-2018, siendo marzo el que presenta las mayores pérdidas para la captación en el río Tranallaguin y estero Sin Nombre, con un aumento del 16,3% y 11,9% respecto al periodo 2000-2018, respectivamente para cada cuenca.

Tabla 5.8. Evapotranspiración real [mm] en captación río Tranallaguin y estero Sin Nombre para período 2000-2018 y 2010-2018. Elaboración propia a partir de producto grillado CR2MET.

	Período	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Captación río	00-18	160,5	117,0	117,1	47,5	10,9	5,3	8,1	24,6	71,3	139,4	167,5	165,7
Tranallaguin [mm]	10-18	145,3	99,6	116,9	47,9	13,0	4,8	8,9	24,1	76,9	142,9	167,6	192,8
Captación estero	00-18	157,3	121,6	147,8	64,7	17,0	6,7	8,0	20,3	62,3	124,4	149,5	148,0
Sin Nombre [mm]	10-18	140,5	102,5	143,8	63,1	20,4	6,6	8,3	20,3	70,4	128,3	151,7	165,6

5.2.4. Balance hídrico

En la Figura 5.10 se presenta la variación anual de las componentes de agua en la cuenca delimitada por la captación del APR en el estero Sin Nombre para el periodo 2000-2018. Se observa que la variación anual del almacenamiento es mayoritariamente negativa con una variación media anual de -23,4 [mm/año]. Considerando que los flujos subterráneos tienden a cero en el largo plazo, se puede considerar que el cambio de almacenamiento representa principalmente una pérdida de carga de la cuenca. A su vez, se observa un quiebre importante en las precipitaciones medias anuales en los años 2008 y 2016 con una disminución de la precipitación media anual de 230,1 [mm/año] y 147,6 [mm/año], respectivamente.

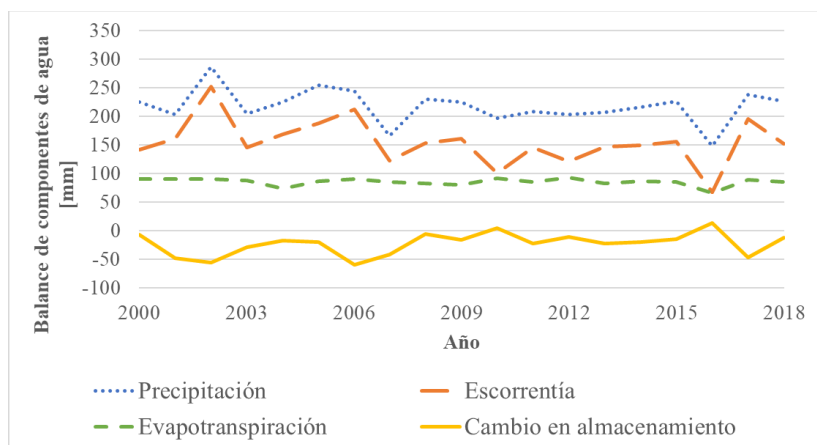


Figura 5.10. Variación anual de componentes de agua en [mm] en captación APR en estero Sin Nombre para el período 2000-2018.

Respecto al análisis medio mensual de las componentes de agua para ambos periodos (Figura 5.11 y Figura 5.12) se observa que desde agosto a febrero existen pérdidas en el almacenamiento, con pérdida máxima en diciembre de -117,8 [mm/año] para el periodo 2010-2018. La agudización de las pérdidas de almacenamiento para dicho periodo con respecto al 2000-2018, es de un 24,3%. En tanto, desde marzo a julio existe una recarga del almacenamiento con una máxima de 263,7 [mm/año] en el mayo para el periodo 2010-2018. Pese a ello, la variación en la recarga de almacenamiento es de -21,7%, reafirmando la disminución en la capacidad de almacenamiento de la cuenca y la agudización de las pérdidas de almacenamiento en verano. En el Anexo H se presenta el balance en la cuenca delimitada por el APR en el río Tranallaguin, el cual tiene un comportamiento similar a la cuenca delimitada por la captación en el estero.

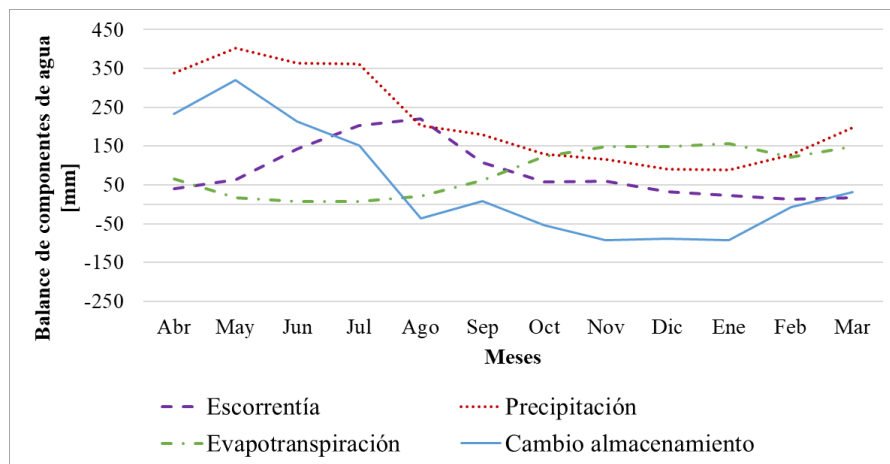


Figura 5.11. Diagrama de Wundt captación APR en estero Sin Nombre para el período 2000-2018.

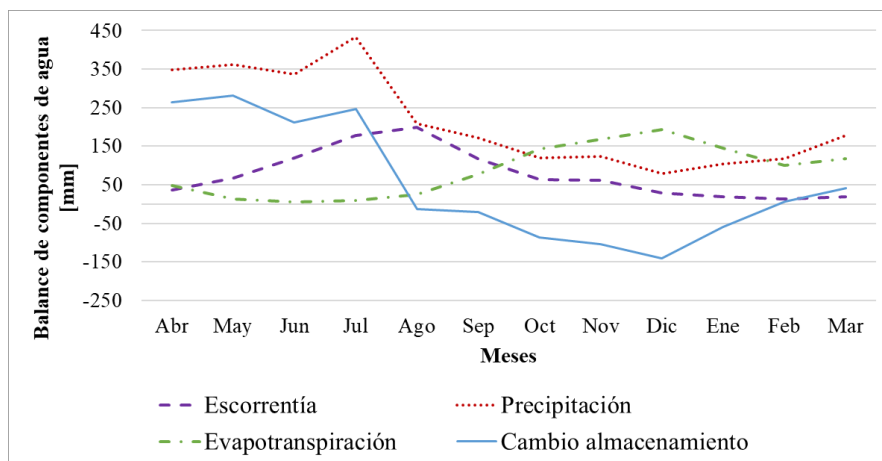


Figura 5.12. Diagrama de Wundt captación APR en estero Sin Nombre para el período 2010-2018.

5.3. Análisis oferta – demanda

Cantidad y usos de agua por parte de usuarios de APR Bahía Mansa

Mediante las encuestas, se consulta a los usuarios del APR sobre la cantidad de agua en [l/d] utilizada para: consumo humano, riego y ganadería en periodo estival. Se obtiene una dotación media de uso de agua para consumo humano y aseo de 55 [l/hab/d], y de 20 [l/d] por vivienda para uso en pequeña agricultura y ganadería. Cabe señalar que de la muestra sólo tres usuarios encuestados declararon que no tenían conocimiento de la cantidad de agua que consumían (S/I) correspondientes a los encuestados N° 17, N° 18 y N° 30. El detalle de los resultados se presenta en el Anexo I.

En la Tabla 5.9 se presenta la demanda de agua potable para consumo humano y aseo doméstico para la cantidad total de usuarios inscritos y cobertura de abastecimiento según población beneficiaria estimada por la Subdirección de SSR (2020), tanto para la situación actual como para la sugerida por la OMS (2013) y la SUBDERE (2015). Se observa que la dotación actual es un 45% menos de lo sugerido por ambas entidades.

Tabla 5.9. Comparación de demanda de agua potable actual y la sugerida por OMS (2013) y SUBDERE (2015).

Atributo	Situación actual	Sugerido por OMS y SUBDERE
Usuarios inscritos [arranque]	293	-
Cobertura según SSR (2020) [hab]	1.414	-
Densidad [hab/arranque]	4,8	-
Dotación [l/hab/d]	55	100
Demanda [l/s]	0,9	1,6

Derechos de Aprovechamiento de Aguas a nivel de cuenca

A modo de tener conocimiento de los usos y cantidad de agua demandada a nivel de cuenca, se caracterizan los DAA superficiales otorgados en las fuentes de captación del APR Bahía Mansa para el periodo 2000-2018, detallando la cantidad de derechos otorgados, caudal asociado y porcentaje correspondiente al total de derechos asignados en las cuencas delimitadas en el río Tranallaguin y estero Sin Nombre (ver Tabla 5.10).

Tabla 5.10. Tipos de usos de DAA que se encuentran dentro de la cuenca delimitada por las captaciones del APR Bahía Mansa en río Tranallaguin y estero Sin Nombre. Elaborado a partir de base de coordenadas de DGA depurada de Budde (2020).

Fuente	Uso del Agua	Número de derechos [-]	Magnitud de derechos [l/s]	Porcentaje total de los derechos asignados (%)
Río Tranallaguin	Bebida/uso doméstico/saneamiento	152	1494,5	52,4%
	Otros usos	6	69,0	2,4%
	Piscicultura	2	2,3	0,1%
	Riego	73	1194,4	41,9%
	Uso industrial	1	15,0	0,5%
	Sin información	8	76,5	2,7%
	Total		242	2851,6
Estero Sin Nombre	Bebida/uso doméstico/saneamiento	2	10,8	25,5%
	Riego	3	31,5	74,5%
	Total	5	42,3	100%

Oferta – demanda actual

En la Tabla 5.11 se presenta la seguridad hídrica para la serie de caudales mensuales para los periodos 2000-2018 y 2010-2018. Se observa que en ambas cuencas existe una disminución de la seguridad hídrica. Sin embargo, en la cuenca delimitada por la captación del APR en el estero Sin Nombre se presenta una disminución del 8% de la seguridad hídrica en los últimos 8 años de estudio, y para ambos periodos la seguridad del abastecimiento es menor al 85% sugerido para evaluación de disponibilidad del recurso hídrico en Chile (Escenarios Hídricos 2030, 2018). En la Tabla 5.12 se presenta la distribución de la seguridad hídrica de la serie mensual del periodo 2000-2018 observándose que, en periodo estival la captación delimitada por el estero Sin Nombre presenta 64% de seguridad hídrica.

Tabla 5.11. Oferta-demanda para cuencas delimitadas por punto de captación en periodo 2000-2018.

Captación	Estero Sin Nombre		Río Tranallaguin	
	2000-2018	2010-2018	2000-2018	2010-2018
Periodo				
Satisfacción por mes del periodo	187	80	221	103
Total meses del periodo	228	108	228	108
Seguridad hídrica de abastecimiento del periodo	82%	74%	97%	95%

Tabla 5.12. Oferta-demanda para cuencas delimitadas por punto de captación para meses noviembre-marzo y abril-octubre en periodo 2000-2018.

Captación	Estero Sin Nombre		Río Tranallaguin	
	Nov-Mar	Abr-Oct	Nov-Mar	Abr-Oct
Meses periodo completo 2000-2018				
Satisfacción por mes del periodo	61	126	89	132
Total meses del periodo	95	133	95	133
Seguridad hídrica de abastecimiento del periodo	64%	95%	94%	99%

Oferta – demanda futura

En la Tabla 5.13 se presentan los porcentajes de cambio de la escorrentía media anual histórica y futura de las Cuencas Costeras entre Río Bueno y Río Maullín para los cuatro modelos GCM. Se observa que el menor y la mayor variación de la escorrentía corresponden al modelo MIROC e IPSL con un 11% y 32% de porcentaje de cambio, respectivamente.

Tabla 5.13. Escorrentía media anual histórica y futura en [mm/año], y variación de escorrentía anual en [%] de las Cuencas Costeras entre Río Bueno y Río Maullín para cada modelo GCM.

Escorrentía Anual	MIROC	IPSL	CSIRO	CCSM4
Histórica [mm/año]	1060,7	795,3	961,5	881,8
Futura [mm/año]	1192,3	1163,0	1111,2	1101,8
Porcentaje de cambio	11%	32%	13%	20%

Utilizando los coeficientes de variación de escorrentía anual se obtiene la oferta natural proyectada anual 2030-2060 para los puntos de interés según los cuatro modelos GCM. En la Tabla 5.14 se observa que el modelo que entrega el menor caudal anual proyectado es el IPSL con un caudal medio anual de 14,6 [m³/s] para el río Tranallaguin y 87,5 [l/s] para el estero Sin Nombre. Por el contrario, el modelo MIROC presenta la menor variación de caudal medio anual proyectado con respecto a la oferta natural base (2000-2018) con 19 [m³/s] en el río Tranallaguin y 113,8 [l/s] en el estero Sin Nombre.

Tabla 5.14. Caudales asociados a la escorrentía media anual en puntos de captación del APR del río Tranallaguin y estero Sin Nombre para periodo 2000-2018 y proyectado.

Caudal medio anual	Periodo	Proyectado 2030-2060 según modelo			
	2000-2018	MIROC	IPSL	CSIRO	CCSM4
Río Tranallaguin [m ³ /s]	21,3	19,0	14,6	18,4	17,0
Estero Sin Nombre [l/s]	127,9	113,8	87,5	110,7	102,4

Luego, se pondera la señal de cambio por cada GCM a la serie de caudales medios anuales del periodo 2000-2018 (representando la oferta natural anual proyectada por GCM), obteniéndose la serie de caudales medios anuales proyectados de la Figura 5.13 para ambos puntos de captación.

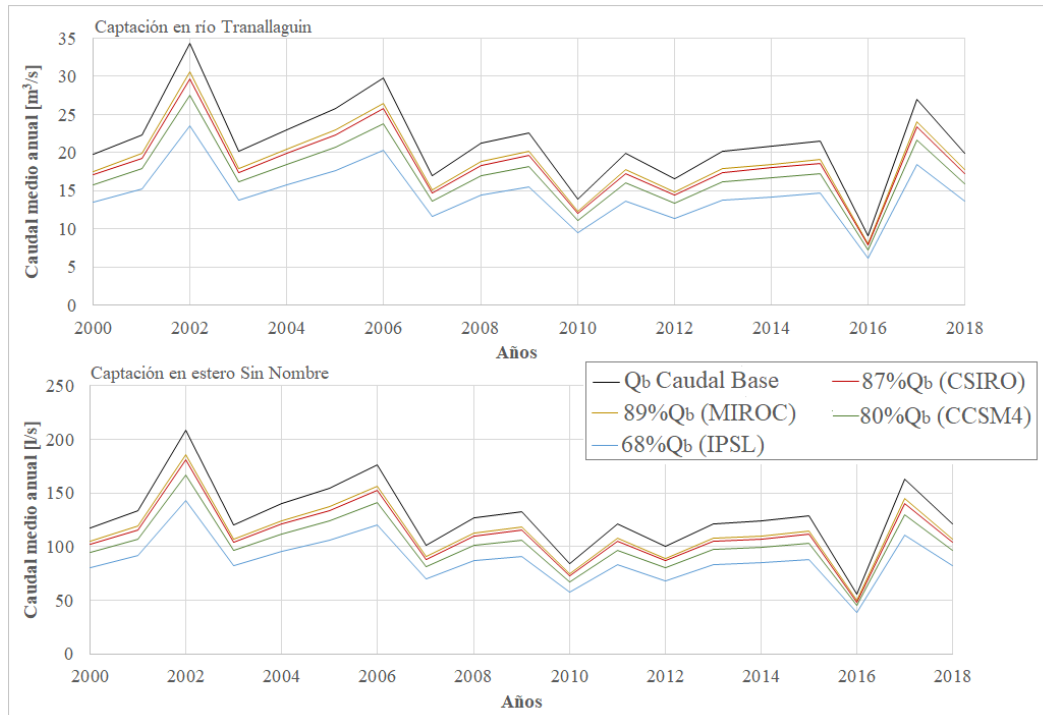


Figura 5.13. Variación de caudales medios anuales según porcentaje de cambio asociado a cada modelo GCM.

Al determinar la seguridad de abastecimiento anual considerando los caudales medios anuales asociados a la oferta natural del periodo base y los proyectados por cada modelo para el periodo 2030-2060, la oferta natural media anual es mayor a la demanda antrópica anual. Esto se produce porque al hacer un análisis oferta – demanda anual, no se considera la variación de caudales medios mensuales y demanda antrópica asociada a los DAA otorgados a cada mes.

5.4. Calidad del agua

A continuación, se presenta el registro sobre el estado de cumplimiento de las muestras realizadas para el hierro total, SDT, pH y temperatura para la estación de monitoreo Río Rahue en Forrahue durante los años 1987-2019, los cuales fueron desagregados considerando las mediciones en año completo y periodo estival.

En la Figura 5.14 se observa que, de 102 registros de mediciones puntuales para el hierro total, 54 muestras cumplen con el límite máximo permitido por la NCh 409 de 0,3 [mg/l] representando al 53% del total de mediciones. Del gráfico se desprende que la máxima concentración de hierro registrada fue en periodo estival del 2007 con 1,6 [mg/l]. Las mediciones con altas concentraciones de hierro total pueden traer consigo alteraciones en el sabor, olor y color del agua.

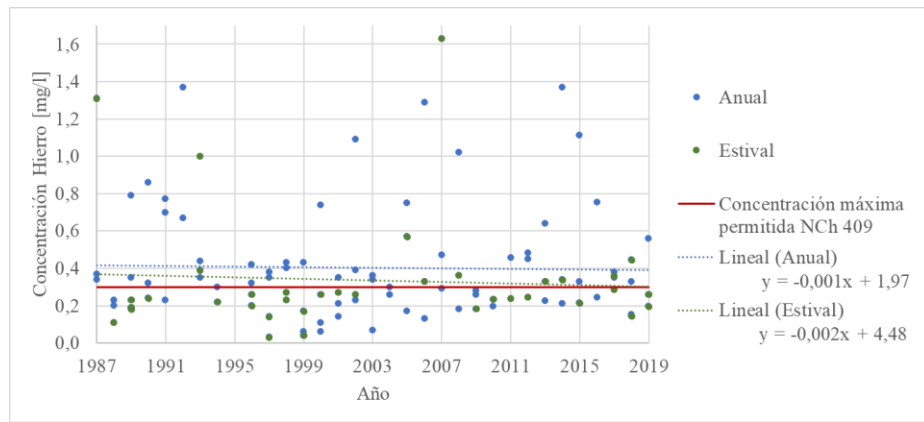


Figura 5.14. Evolución temporal de concentración de hierro [mg/l] para año completo y periodo estival.

En la Figura 5.15 se observa que, de 104 registros de mediciones puntuales de pH, 98 muestras se encuentran dentro de los rangos permitidos por la NCh N°409 ($6,5 < \text{pH admisible} < 8,5$), representando al 94% del total de mediciones. De las 98 muestras que se encuentran dentro de los límites permitidos, 34 fueron medidas en periodo estival. Además, respecto a la evolución temporal presentada en el gráfico, se desprende que las muestras puntuales de pH han tendido al aumento. Particularmente las muestras de pH medidas en periodo estival, las cuales se encuentran por sobre el valor 7.

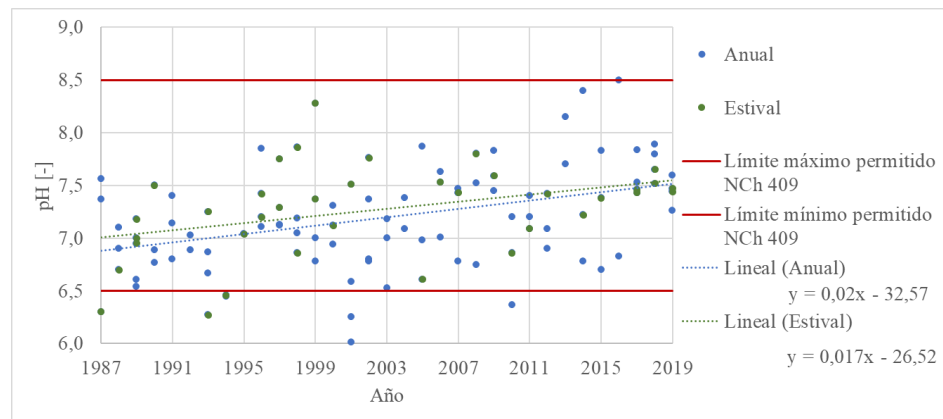


Figura 5.15. Evolución temporal de concentración de pH [-] para año completo y periodo estival.

En la Figura 5.16 se observa que, de las 106 mediciones registradas para los SDT, el 100% se encuentra con una concentración bajo los 180 [mg/l] y bajo los 1.500 [mg/l] exigidos por la NCh 409, por lo que se puede suponer una presencia baja de sales minerales. Por otro lado, las concentraciones más altas de SDT se observan en periodo estival (38 muestras respecto al total).

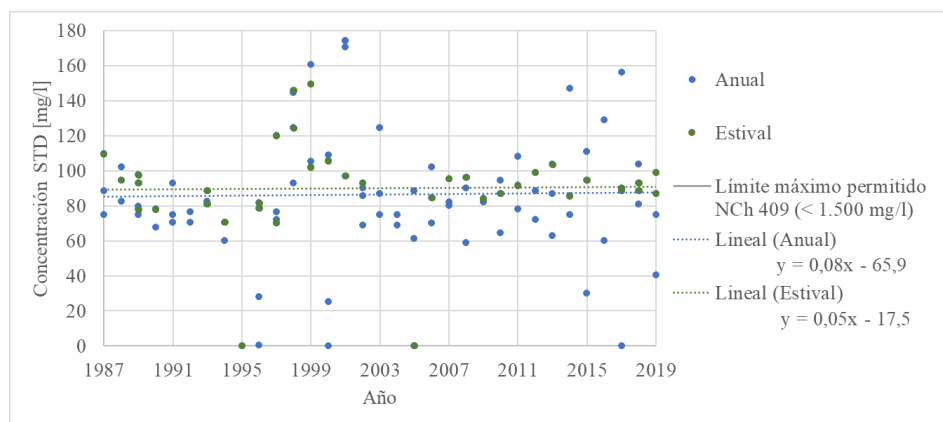


Figura 5.16. Evolución temporal de concentración de SDT [mg/l] para año completo y periodo estival.

Respecto a los registros de mediciones de temperatura, en la Figura 5.17 se observa que, del total de 103 registros, el 100% se encuentra bajo el límite sugerido por la OMS (2011) de 25 [°C]. Se registraron 37 mediciones de temperatura en periodo estival, las cuales están por sobre los 13 [°C] registrando un máximo de 20 [°C] en el año 2018, a diferencia del registro de año completo donde la temperatura mínima y máxima de las muestras es de 6 [°C] y 15 [°C], respectivamente.

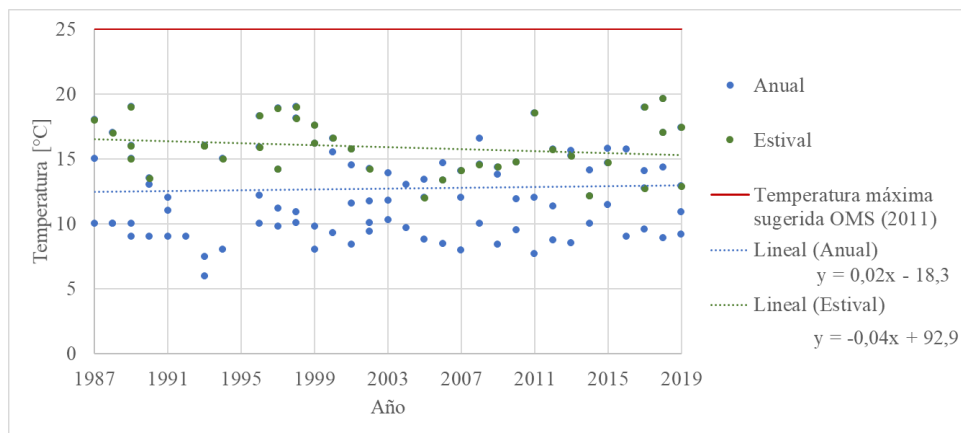


Figura 5.17. Evolución temporal de temperatura [°C] para año completo y periodo estival.

Por otro lado, se recopilaron resultados de muestreos puntuales asociados a los puntos de captación, almacenamiento y distribución de agua potable del APR Bahía Mansa. En la Tabla 5.15 se presenta el detalle de cuatro informes con registros de algunos parámetros de calidad del agua potable, describiendo los puntos de toma de muestras, fecha y laboratorio de análisis de las mediciones. El detalle de los informes se encuentra en el Anexo J.

Tabla 5.15. Detalle de registros de informes con mediciones de calidad del agua asociados al APR Bahía Mansa.

Fuente	Descripción	Fecha análisis	Resultados de muestreo
Estero Sin Nombre	Medición en captación APR posterior a proceso de filtración directa.	13-12-2018 11:05	Laboratorio de Calidad del Agua Cooprinsem
Estero Sin Nombre	Medición en captación APR posterior a proceso de filtración directa.	20-11-2020 18:35	Laboratorio de Salud Pública de Osorno
Río Tranallaguin	Medición en captación APR posterior a proceso de filtración directa.	20-11-2020 18:35	Laboratorio de Salud Pública de Osorno
Río Tranallaguin	Medición en captación APR posterior a proceso de filtración directa.	02-12-2020 12:30	Laboratorio de Salud Pública de Osorno
Estanque de acumulación	Medición en estanque de acumulación de 15 m ³ posterior a proceso de filtración directa + cloración manual	13-01-2021 13:50	Laboratorio de Calidad del Agua Cooprinsem
Domicilio particular	Medición en llave de domicilio particular con agua tratada (filtración directa + cloración manual)	13-01-2021 13:50	Laboratorio de Calidad del Agua Cooprinsem

En la Tabla 5.16 se presentan los resultados de informes recopilados con muestreos puntuales proporcionados por el APR Bahía Mansa, y en la Tabla 5.17 los resultados de la toma de muestras puntuales realizadas con el apoyo de la directiva del comité APR y Catalina Acevedo. En ambas tablas se detallaron las concentraciones y el estado de cumplimiento para dos mediciones puntuales de algunos parámetros de calidad de agua establecidos por la NCh N° 409/2005.

Tabla 5.16. Resultados de mediciones puntuales de parámetros de calidad de agua del año 2018 - 2020, y comparación con límites de la norma chilena NCh N° 409/2005. Recopilado a partir de informes de Laboratorio de Salud Pública de Osorno y Laboratorio de Calidad del Agua Cooprinsem.

Fuente	Análisis	Valor	Unidad	Límite	Cumple	Temperatura muestra	Fecha análisis
Estero Sin Nombre	Coliformes Totales	920,8	NMP/100ml	<1	No	Sin información	13/12/18 11:05
	<i>Escherichia Coli</i>	<1	NMP/100ml	Ausencia	No		
	Turbiedad	0,85	UNT	<2	Sí		
	Hierro	0,33	mg/l	0,3	No		
	Manganeso	<0,01	mg/l	0,1	Sí		
Estero Sin Nombre	Coliformes Totales	152,3	NMP/100ml	<1	No	6,5 °C	20/11/20 18:35
	<i>Escherichia Coli</i>	39,5	NMP/100ml	Ausencia	No		
	Turbiedad	2,5	UNT	<2	No		
	pH	6,28	-	6,5-8,5	No		
	STD	30,7	mg/l	1.500	Sí		
	Fluoruro	<0,20	mg/l	1,5	Sí		
	Cloruro	20,35	mg/l	400	Sí		
Río Tranallaguin	Coliformes Totales	816,4	NMP/100ml	<1	No	6,5 °C	20/11/20 18:35
	<i>Escherichia Coli</i>	68,9	NMP/100ml	Ausencia	No		
	Turbiedad	1,68	UNT	<2	Sí		
	pH	6,92	-	6,5-8,5	Sí		
	STD	21,9	mg/l	1.500	Sí		
	Fluoruro	<0,20	mg/l	1,5	Sí		
Río Tranallaguin	Cloruro	10,44	mg/l	400	Sí	3,4 °C	02/12/20 12:30
	Cobre	0,07	mg/l	2	Sí		
	Manganeso	0,05	mg/l	0,1	Sí		
	Magnesio	1	mg/l	125	Sí		
	Zinc	<0,05	mg/l	3	Sí		
	Hierro	0,54	mg/l	0,3	No		

Tabla 5.17. Resultados de medición de parámetros de calidad de agua y comparación con límites de la norma chilena NCh N° 409/2005. Recopilado de informes de Laboratorio de Calidad de Aguas Cooprinsem con mediciones puntuales del año 2021.

Fuente	Análisis	Valor	Unidad	Límite	Cumple	Temperatura muestra	Fecha de análisis
Estanque de acumulación	Coliformes Totales	<1	NMP/100ml	<1	Sí	Sin información	13/01/21
	<i>Escherichia Coli</i>	<1	NMP/100ml	Ausencia	No		13:50
	pH	8,41	-	6,5-8,5	Sí		
	STD ^(a)	88,5	mg/l	1.500	Sí		
	Turbiedad	1,3	NTU	<2	Sí		
	Cloro libre	1,69	mg/l	0,2-2	Sí		
	Manganeso	0,122	mg/l	0,1	No		
	Hierro	0,84	mg/l	0,3	No		
Domicilio particular	Coliformes Totales	157,3	NMP/100ml	<1	Sí	Sin información	13/01/21
	<i>Escherichia Coli</i>	<1	NMP/100ml	Ausencia	No		13:50
	pH	8,67	-	6,5-8,5	No		
	STD ^(b)	85,8	mg/l	1.500	Sí		
	Turbiedad	1,5	NTU	<2	Sí		
	Cloro libre	0,03	mg/l	0,2-2	No		
	Manganeso	0,078	mg/l	0,1	No		
	Hierro	0,84	mg/l	0,3	No		

^(a) ^(b) Valores transformados para obtención de SDT según ecuación (15) presentada en metodología.

De la Tabla 5.16 se desprende la existencia de inconsistencia de parámetros medidos asociados a las coliformes totales, *Escherichia Coli* y turbiedad para las muestras provenientes de la captación en el estero Sin Nombre, la cual se atribuye a su calidad de muestras puntuales, ya que las condiciones de las fuentes varían en torno a temperatura de muestreo, día y hora de extracción de muestras, entre otros. Por lo que, los resultados no son totalmente representativos, sin embargo, sirven para tener una noción de la calidad de las aguas de las fuentes de abastecimiento.

Ahora bien, analizando la concentración de hierro total en las mediciones puntuales, se observa que para los cuatro puntos de muestreo no se cumplió con los límites exigidos por la normativa. Así mismo, el manganeso medido en la captación del estero Sin Nombre, estanque de acumulación y domicilio particular no se cumplió con los límites permitidos. Por lo que, se infiere que las altas concentraciones de hierro y manganeso podrían ser el motivo de los problemas en torno al color y sabor del agua mencionados por la directiva del APR.

También, de las muestras tomadas en el suministro de agua desde el domicilio particular y los dos puntos de captación del APR, se detectó presencia de indicadores microbiológicos, específicamente coliformes totales, lo cual es un indicio de que el suministro de agua puede estar contaminada con material fecal o desechos de alcantarillado.

6. Propuestas

A continuación, se describen las principales dificultades y desafíos de gestión, abastecimiento y calidad del agua potable del APR Bahía Mansa en periodo estival. Se sugieren medidas administrativas, de control de monitoreo de calidad de agua, mejora de infraestructura, y además se propone un sistema de captación y tratamiento de aguas lluvias como potencial nueva fuente de agua potable rural.

6.1. Medidas administrativas

Las dificultades en la administración del comité APR Bahía Mansa ponen en evidencia que no logran cumplir con todas las exigencias estatutarias relacionadas con la planificación de actividades de mejoramiento y flujo financiero que se vio reflejado en los problemas de implementación del plan de mejoramiento del sistema de producción y distribución de agua potable del MOP (2001). En tanto a la información recopilada en las entrevistas en torno a prácticas que mejoren la provisión adecuada del servicio, los entrevistados recalcaron la importancia de la transparencia y comunicación de parte de la directiva hacia sus usuarios.

Es debido a esto que se sugiere que el comité APR realice asambleas ordinarias a lo menos una vez al año, que son instancias que permiten tratar cualquier tema relevante o de interés de los usuarios, haciéndolos partícipes en la planificación y gestión, visualizando los diversos problemas que aquejan a los usuarios, y además, contemple intervenciones destinadas a educar a sus usuarios respecto al uso del servicio de agua potable y los desafíos del APR frente al abastecimiento, para que la población beneficiaria pueda manejar información sobre deberes y derechos al agua potable. Cabe señalar que las intervenciones destinadas a educar a los usuarios en torno a los servicios sanitarios rurales no cuentan con el componente de asesoría y supervisión del Programa APR (Fuenzalida, 2011).

Por otro lado, a medida que nuevas directivas son elegidas, el traspaso de información técnica y financiera desde las directivas antecesoras parece ser marginal o fragmentaria. Lo anterior se observó en la respuesta del entrevistado perteneciente a la directiva actual de APR Bahía Mansa, quien señaló tener dificultades para acceder a información de años anteriores a su mandato, para ellos ha sido imposible determinar la cantidad de agua facturada o incluso producida durante el ejercicio de directivas predecesoras.

Esto se ha agravado con la carencia de memoria institucional de la directiva producto de la corta duración del período de actividad en el comité, la cual ha provocado que se vea obligado a realizar esquemas de planificación que se supeditan a un periodo máximo de dos a tres años, dificultando una proyección en el largo plazo —pensando en garantizar el acceso al suministro de manera continua— de las inversiones, reparaciones y reposición de equipos.

Por lo que, se sugiere que la directiva solicite asesoría técnica en gestión comunitaria y de proyectos a la Subdirección de SSR, ya que la Subdirección está capacitada para realizar asesoría en procesos de inversión sectorial en agua potable y saneamiento según lo señalado en la Ley N° 20.998 (2017).

En la Tabla 6.1 se presentan un cuadro resumen con las principales dificultades, líneas de acción y tiempo estimado para su implementación según las categorías establecidas en la Tabla 4.5.

Tabla 6.1. Líneas de acción para fortalecer el funcionamiento del comité APR Bahía Mansa.

Dificultad	Línea de acción	Tiempo estimado
Poder organizativo	Realizar asambleas ordinarias y educativas	Corto plazo
Memoria institucional	Solicitar y recibir asesoría técnica en gestión comunitaria y de proyectos	Corto plazo

6.2. Medidas de control

En lo que respecta a la toma de muestras para el análisis de calidad del agua, el comité debe monitorear la calidad del agua que proveen. Para llevarlo a cabo, se contratan a laboratorios privados que se encargan de controlar el estado bacteriológico y fisicoquímico del agua que se suministra bajo supervisión de la Autoridad Sanitaria (Donoso et al., 2015). MOP (2019) sugiere analizar como mínimo los parámetros Tipo I, II, IV y V señalados por la NCh N° 409.

Sin embargo, el comité APR Bahía Mansa declaró que no suele realizar mediciones de forma regular debido a que no resulta viable por la falta de planificación financiera, asociadas a la falta de presupuesto y altos costos de toma de muestras para análisis en laboratorio (APR Bahía Mansa, 2020). Sólo realizan muestreos de calidad del agua de las fuentes y agua tratada cuando existen problemas en la obtención del recurso en periodo estival o el agua no es incolora o insípida (APR Bahía Mansa, 2020). En la Tabla 6.2 se presentan los parámetros a muestrear sugeridos, frecuencia y cantidad de muestreos, y el costo anual de operación asociado bajo la cotización del Laboratorio de Calidad del Agua Cooprinsem con el propósito de tener una cuantificación de los costos de operación asociados a los análisis de calidad del agua.

Tabla 6.2. Parámetros para medir según NCh N° 409/1, frecuencia de muestreo según NCh N° 409/2 y costos anuales de muestreo disponibles considerando cotización en Laboratorio Calidad del Agua Cooprinsem.

Requisitos	Frecuencia muestreo	Cant. sugerida de muestras	C. Unitario [\$] ^(a)	C. Total [\$/año]
Tipo I: Turbiedad y microbiológicos Turbidez, Coliformes Totales y <i>Escherichia Coli</i>	4 días/mes	Mín 8/mes	\$ 23.000	\$ 2.208.000
Tipo II: Sustancias de importancia para la salud ^(b) Hierro, Manganeso, Magnesio, Nitrito, Nitrate	Semestral	2	\$ 33.000	\$ 792.000
Tipo IV: Parámetros organolépticos ^(c) Color, Olor, Sabor, Amoniac, pH, Sulfato, STD	Semestral	2	\$ 38.890	\$ 933.360
Tipo V: Desinfección Cloro libre residual	Diaria	Mín 30/mes	\$ 2.900	\$ 1.058.500

^(a) Valores son netos, agregar 19% IVA. Cotización válida para año 2021. ^(b) Laboratorio no dispone de análisis de nitrate y magnesio. ^(c) Laboratorio no dispone de análisis de sulfato y STD.

Producto del incumplimiento de la frecuencia y cantidad de parámetros muestreados en las fuentes superficiales señalada en la normativa vigente, sumado a la preocupación por la calidad de aguas de las fuentes de abastecimiento del APR por parte de los usuarios y entrevistados, y los altos costos de muestreo de calidad, se sugiere priorizar muestreos de parámetros de turbiedad,

coliformes totales, *Escherichia Coli*, turbidez, pH, hierro y manganeso debido a la existencia de registros por sobre la norma e incluir nuevas tecnologías como lo es un dosificador de cloro automático en estanques de almacenamiento e incluir tratamiento de remoción de hierro y manganeso en caso de que los niveles de contaminación se encuentren fuera de la norma de manera persistente.

6.3. Medidas de mejora

Según la Cuenta Pública 2019 de San Juan de la Costa, en la Agenda de Infraestructura y Equipamiento de Plan de Desarrollo Local, se publicó que el diseño de anteproyecto de Ingeniería para el Mejoramiento y Ampliación del APR Bahía Mansa publicado por PLADECO el año 2017, se encuentra en un 80% de avance (SECPLAN, 2020). Los estudios están a cargo de la DOH y disponen de 700.000 M\$ como fuente de financiamiento proporcionado por el MOP (I. Municipalidad de San Juan de la Costa, 2019).

Debido a que el diseño de anteproyecto se encuentra en ejecución, sólo se sugirieron mejoras de infraestructura de reposición y operación para los problemas señalados por el APR en el apartado 5.1. Las propuestas se observan en la Tabla 6.3, las cuales consideraron los informes de Estudio de Soluciones de Saneamiento Rural (2007), el Estudio de Soluciones Sanitarias para el Sector Rural (2018) y tiempos estimados de implementación descritos en la

Tabla 4.5.

Tabla 6.3. Propuestas de mejora en infraestructura actual de APR Bahía Mansa y tiempo estimado en implementación.

Actividad	Tiempo estimado
Reemplazo equipo de elevación en río Tranallaguin (cambio de motobomba de pozo profundo) – Estudio de factibilidad del equipo adecuado a las características del lugar.	Mediano plazo
Reemplazo cañerías de acero galvanizado conexión captación en río Tranallaguin a estanque 50 m ³ para minimizar filtraciones de agua declaradas por el APR Bahía Mansa considerando la vida útil de estas en zonas más bien húmedas (2020).	Mediano plazo
Instalar filtros para que operen en tratamiento de filtración directa, para remover principalmente turbiedad, provenientes de ambas fuentes de abastecimiento previo a la llegada de los estanques de almacenamiento.	Mediano plazo
Cambio de cloradores manuales a dosificadores de cloro automáticos en base a sistemas que contengan hipoclorito de sodio o hipoclorito de calcio para ambas fuentes de abastecimiento en los estanques de 50 m ³ , 30 m ³ y 20 m ³ y sistematizar registros de medición de cloro libre residual tanto en los estanques de almacenamiento como en la red de distribución de agua potable	Mediano – largo plazo
Incorporar tratamiento de remoción de hierro en caso de que las concentraciones de hierro incumplan con lo exigido por la NCh N° 409/1.	Largo plazo
Considerar estudios de cumplimiento de muestreos, en red de distribución, bajo la NCh N° 409/2.	Largo plazo

6.4. Fuentes alternativas

En las zonas rurales se ha agudizado la urgencia para asegurar el abastecimiento de agua potable producto de la escasez hídrica (UNESCO, 2015). Por ende, varios APR del país han estado resolviendo este problema a través del reparto de agua por medio de camiones aljibes, involucrando altos costos económicos además de otros riesgos asociados como la incertidumbre de la calidad del

agua que se entrega, la cual puede estar fuera de los límites permitidos según normativa vigente (Alvarado, 2020), siendo una solución que se ha transformado insostenible en el tiempo.

6.4.1. Sistema de captación de aguas lluvias

Considerando las propuestas de adaptación a la escasez hídrica señaladas por la población encuestada en la Figura 5.5 y dadas las características climáticas y los usos que le dan sus usuarios al agua, presentados en los apartados 3.4 y 4.5, respectivamente, se propuso como medida de corto plazo, un sistema de captación de aguas lluvias con tratamiento de potabilización que puede ser implementado tanto en domicilios particulares como conexión al APR, siendo una fuente complementaria de abastecimiento de agua potable rural.

El 46% de las respuestas frente a prácticas de adaptación ante los problemas de escasez de agua en periodo estival apuntaron a los sistemas de captación de aguas lluvias. Por lo que se evaluó la factibilidad de utilizar el agua lluvia tratada como fuente complementaria para el abastecimiento de agua potable, ya que hoy en día estos sistemas se han transformado en una iniciativa que permite ampliar la disponibilidad del recurso hídrico en épocas de escasez hídrica, especialmente en aquellos sectores que hoy día están siendo cubiertos por camiones aljibes (UNESCO, 2015).

Estos sistemas deben ser diseñados en forma particular para cada zona en relación con los regímenes pluviométricos y al tipo de superficie que captura el agua para su posterior almacenamiento (PNUD, 2016). Para esta alternativa se consideró un diseño simplificado que cumpliera con una mantención y operación sencilla y que, además, pudiera ser instalado en viviendas particulares, galpones, establecimientos públicos de Bahía Mansa como son la Junta de Vecinos y retén de carabineros de Bahía Mansa, siendo una medida complementaria al agua recolectada desde los puntos de captación en el río y estero.

Considerando la metodología de cálculo del manual de diseño de la UNESCO (2015) y las precipitaciones medias mensuales presentadas en el apartado 3.4, se obtuvieron las precipitaciones medias mensuales de diseño (ver Tabla 6.4) que se utilizaron para determinar el volumen captado considerando el área de techos que fueron seleccionadas según los planos de los programas habitacionales del MINVU (2020) con un coeficiente de escorrentía de 0,85 asociado a áreas de captación de zinc (material utilizado para construcción de techos), sugerido por la CNR (2019).

Tabla 6.4. Precipitaciones medias mensuales al 90% de probabilidad de excedencia [mm].

Pp media al 90% Pex [mm]	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
	76,7	127,3	207,0	333,7	400,6	351,8	345,6	197,4	168,0	123,2	119,5	85,6	2536,5

En la Tabla 6.5 se observa que el agua almacenada en los meses de septiembre a marzo es menor a los meses de abril a agosto. Sin embargo, debido a la cantidad de agua que puede ser almacenada en los últimos meses mencionados, esta alternativa se puede utilizar como medida complementaria al abastecimiento de agua potable provisto por el APR Bahía Mansa.

Tabla 6.5. Volumen captado [m³] considerando áreas de captación [m²] con un coeficiente de escorrentía de 0,85. Elaborado a partir de Manual de diseño y construcción de sistemas de captación de aguas lluvias en zonas rurales de Chile (UNESCO, 2015).

Área	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
45 [m ²]	2,9	4,9	7,9	12,8	15,3	13,5	13,2	7,6	6,4	4,7	4,6	3,3	97,0
60 [m ²]	3,9	6,5	10,6	17,0	20,4	17,9	17,6	10,1	8,6	6,3	6,1	4,4	129,4

80 [m ²]	5,5	9,2	15,0	24,1	28,9	25,4	25,0	14,3	12,1	8,9	8,6	6,2	183,3
120 [m ²]	7,8	13,0	21,1	34,0	40,9	35,9	35,3	20,1	17,1	12,6	12,2	8,7	258,7

De la Tabla 6.5 se desprende que, a mayor área de captación, mayor es el volumen de agua captado. Por lo que, en la Tabla 6.6 se presentan los caudales estimados en [l/d] de agua potable disponible para las distintas áreas de captación según los planos de los programas habitacionales del MINVU (2020). Se observa que en enero se dispone del menor caudal para consumo humano, aun así, se encuentra por sobre los 100 [l/d].

Tabla 6.6. Caudal diario estimado en [l/d] considerando distintas áreas de captación [m²].

Área	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
45 [m ²]	100,5	175,0	254,8	426,7	493,5	450,0	425,8	245,2	213,3	151,6	153,3	106,5
60 [m ²]	125,8	232,1	341,9	566,7	658,1	596,7	567,7	325,8	286,7	203,2	203,3	141,9
80 [m ²]	177,4	328,6	483,9	803,3	932,3	846,7	806,5	461,3	403,3	287,1	286,7	200,0
120 [m ²]	251,6	464,3	680,6	1133,3	1319,4	1196,7	1138,7	648,4	570,0	406,5	406,7	280,6

Mediante un esquema elaborado con el software Fusion 360 Autodesk, en la Figura 6.1 se muestra el sistema propuesto de captación de aguas lluvias compuesto por canaletas que conectan con un filtro previo al estanque de almacenamiento, un dosificador de cloro y sistema de bombeo para conducir agua al establecimiento, vivienda, galpón o riego. El detalle de diseño y de los componentes involucrados se encuentra en el Anexo K.

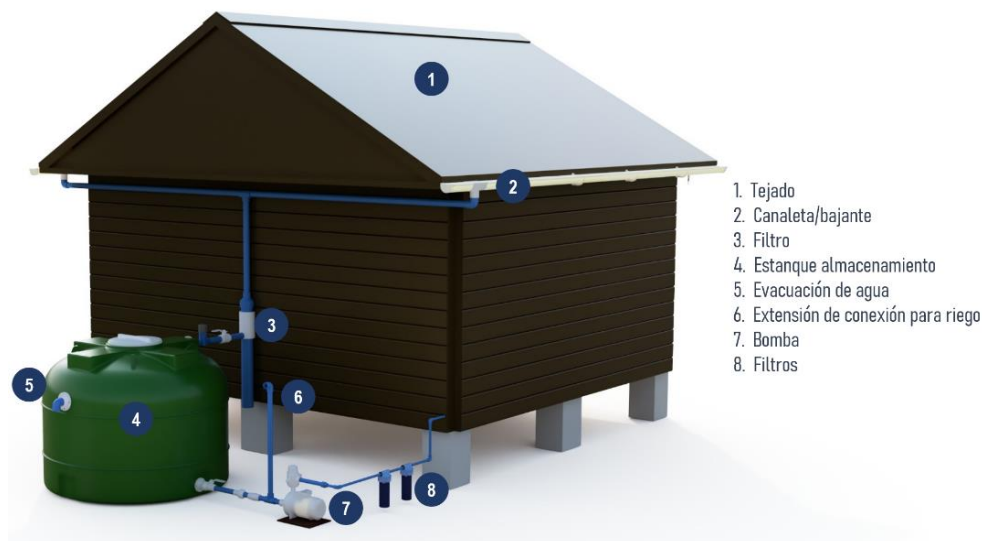


Figura 6.1. Diseño de sistema de captación de aguas lluvias.

La propuesta contempla una inversión inicial de \$ 554.852 asociada únicamente a los componentes del diseño con precios actualizados al año 2021. En el Anexo L se presenta el presupuesto de los materiales y equipos de la propuesta.

6.4.2. Reutilización de aguas grises

La reutilización de aguas grises son una alternativa para aumentar la disponibilidad del recurso hídrico mediante el aprovechamiento de las aguas de consumo humano. Suelen utilizarse cuando existe escasez de agua, como ocurre en zonas áridas o donde existe sobreexplotación de aguas subterráneas, pero también se utilizan como alternativa cuando el recurso hídrico es costoso, sea vinculado a su escasez o porque la tarifa del agua es alta (AIDIS Chile, 2017).

Las experiencias de reutilización de aguas grises en comunidades rurales de Chile son escasas. En general, corresponden a proyectos individuales y no regulados, en establecimientos educacionales y viviendas particulares que han emergido como iniciativas de personas que habitan en localidades afectadas por la escasez, y que se han inspirado en iniciativas existentes dentro del país (Leiva et al., 2020), como son por ejemplo los proyectos de reutilización de aguas grises en el marco del Programa de Riego Intrapredial (PRI) del Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) dependiente del Ministerio de Agricultura (INDAP, 2020).

Por lo que, se propone la reutilización de aguas grises provenientes del hogar, específicamente: ducha, lavadora y lavamanos, para su uso en riego de pequeña agricultura como una medida de adaptación potencial a la escasez de agua en periodo estival. Según el Consejo Nacional de Producción Limpia [CLP] (2012), estas aguas son utilizadas para reúso de manera beneficiosa como nutrientes para las plantas debido a la presencia principalmente de fósforo, potasio y nitrógeno.

Considerando los consumos promedio por artefacto, presentados en la Tabla 6.7, y utilizando la densidad poblacional obtenida de las encuestas a usuarios de Bahía Mansa, se estima que el consumo promedio de agua en una vivienda con: un habitante genera 185 [l/d], con dos habitantes genera 284 [l/d] y con cuatro habitantes genera 480 [l/d].

Tabla 6.7. Caudales por artefacto e intensidad de uso diario. Recuperado de MINVU, 2018 a partir de LEED BD+C, 2009 y Manual CES, 2014.

Artefacto	Caudal	Unidad	Duración [seg]	Demanda por uso [l]
Lavamanos	9	Litros por minuto	30	4,5
Ducha	9,5	Litros por minuto	480	76
Lavaplatos	9	Litros por minuto	60	9
Lavadora	60	Litros por ciclo	Un uso diario por vivienda	60

A continuación, se presenta el diseño de reutilización de aguas grises propuesto por López (2009) que fue implementado en establecimientos educacionales en el norte del país, y adaptado por Morales (2012) para ser implementado en un domicilio particular.

El diseño del sistema propuesto consistió en un filtro de arena para remover aceites y grasas en aguas grises, un estanque de almacenamiento enterrado, un sistema de bombeo y una manguera para aplicar el agua tratada en el riego (ver diseño en Figura 6.2).

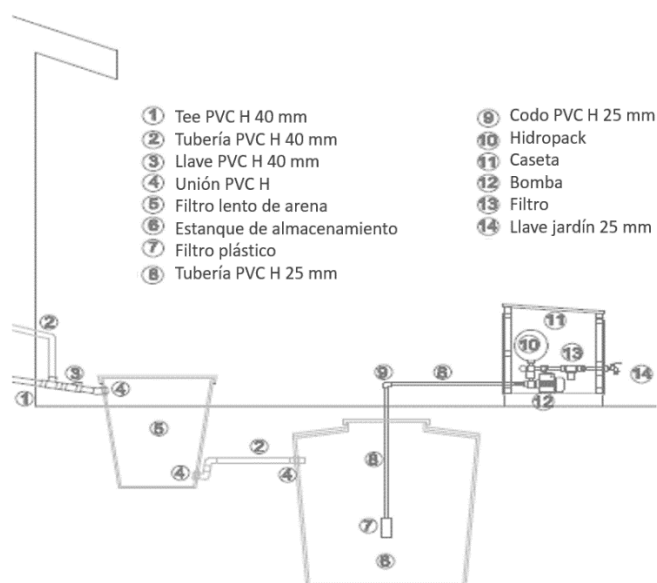


Figura 6.2. Diseño de sistema de reutilización de aguas grises. Extraído de Morales (2012).

La propuesta contempló una inversión inicial de \$ 364.206 asociada únicamente a los componentes del diseño con precios actualizados al año 2021. En el Anexo M se presenta el presupuesto de los materiales y equipos de la propuesta.

6.4.3. Análisis económico

A modo que el APR Bahía Mansa pueda tener una noción de los costos asociados a la inversión inicial, operación, mantenimiento y reposición de la propuesta del sistema de captación de aguas lluvias, y pueda ser considerado al momento de comparar los costos involucrados en el uso de camiones aljibes en periodo estival, se presenta la estimación con el detalle de dichos costos bajo los siguientes supuestos:

- Horizonte de evaluación de 20 años.
- No se consideraron valores de terrenos debido a que este se define al momento de implementar el sistema, ni de conexión a red de distribución de agua potable.
- Los costos de inversión fueron determinados a precios actualizados al año 2021.
- Los costos de operación contemplan el uso del sistema durante los meses de octubre a enero y presentan una tasa de crecimiento del 5%.
- Los costos de mantención de materiales tienen un crecimiento del 0,5% de los costos de inversión en materiales y los equipos eléctricos un 2% de los mismos.
- Los costos de reposición corresponden a un 75% de la inversión inicial en equipos eléctricos y al 100% en cambio de estanque de acumulación. El valor residual no es considerado, debido a que los equipos electrónicos se deben cambiar cada 20 años y el estanque cada 10 años, los que coinciden con lo señalado en la tabla de vida útil de los bienes físicos del activo inmovilizado fijada por el Servicio de Impuestos Internos.
- Costos exentos de impuestos (IVA).

En la Tabla 6.8, Tabla 6.9, Tabla 6.10 y Tabla 6.11 se presentan los costos designados a la inversión, operación, mantención y reposición, respectivamente.

Tabla 6.8. Costos de inversión de sistema de captación de aguas lluvias con sistema de filtración directa y cloración.

Designación	Año 0
Costos de inversión	\$ 854.852
Estanque de acumulación	\$ 110.000
Materiales	\$ 327.137
Limpieza área de captación	\$ 50.000
Equipos eléctricos	\$ 217.715
Mano de obra instalación	\$ 150.000

Tabla 6.9. Costos de operación de sistema de captación de aguas lluvias con sistema de filtración directa y cloración.

Designación	Año 1	Año 5	Año 10	Año 15	Año 20
Costos de operación	\$ 754.380	\$ 769.581	\$ 789.014	\$ 808.938	\$ 829.364
Operador	\$ 240.000	\$ 244.836	\$ 251.019	\$ 257.357	\$ 263.856
Consumo eléctrico ^(a)	\$ 484.380	\$ 494.140	\$ 506.618	\$ 519.411	\$ 532.527
Consumo producto de desinfección	\$ 30.000	\$ 30.605	\$ 31.377	\$ 32.170	\$ 32.982

^(a) El detalle del consumo eléctrico se encuentra disponible en el Anexo N.

Tabla 6.10. Costos de mantención de sistema de captación de aguas lluvias con sistema de filtración directa y cloración.

Designación	Año 1	Año 5	Año 10	Año 15	Año 20
Costos de mantención	\$ 19.079	\$ 19.079	\$ 19.079	\$ 19.079	\$ 19.079
Otras mantenciones ^(b)	\$ 12.000	\$ 12.000	\$ 12.000	\$ 12.000	\$ 12.000
Materiales	\$ 1.636	\$ 1.636	\$ 1.636	\$ 1.636	\$ 1.636
Equipos eléctricos	\$ 5.443	\$ 5.443	\$ 5.443	\$ 5.443	\$ 5.443

^(b) Asociadas a la limpieza del estanque y área de captación.

Tabla 6.11. Costos de reposición de sistema de captación de aguas lluvias con sistema de filtración directa y cloración.

Designación	Año 1	Año 5	Año 10	Año 15	Año 20
Costos de reposición	\$ -	\$ -	\$ 110.000	\$ -	\$ 273.286
Estanque de acumulación	\$ -	\$ -	\$ 110.000	\$ -	\$ 110.000
Equipos eléctricos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 163.286

En la Tabla 6.12 se presenta el total de costos asociados a la implementación del sistema de captación propuesto.

Tabla 6.12. Resumen de costos.

Designación	Año 0	Año 1	Año 5	Año 10	Año 15	Año 20
Costos de inversión	\$ 854.852	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costos de operación	\$ -	\$ 754.380	\$ 769.581	\$ 789.014	\$ 808.938	\$ 829.364
Costos de mantención	\$ -	\$ 19.079	\$ 19.079	\$ 19.079	\$ 19.079	\$ 19.079
Costos de reposición	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 110.000	\$ -	\$ 273.286
Costo total anual	\$ 854.852	\$ 773.459	\$ 788.660	\$ 918.093	\$ 828.016	\$ 1.121.729

De la estimación de costos, se observa que la inversión inicial de instalación del sistema de captación está por debajo del \$1.000.000, siendo una propuesta atractiva económicamente. Por otro lado, los costos más altos se asocian a los costos de operación, los cuales se atribuyen principalmente al monto designado al consumo eléctrico.

Cabe destacar que el presupuesto del diseño sólo contempla el sistema de captación de aguas lluvias, filtración directa y cloración, y puede sufrir alteraciones por modificaciones de área de captación, tamaño de estanques de almacenamiento, y longitud de tuberías y canaletas.

Pese a lo anterior, la definición de los costos de la propuesta permite contar al APR con una referencia para incluir en su análisis económico de tal manera que al conectar el sistema de captación de aguas lluvias a la red de distribución de agua potable, tenga una noción base para la estimación del cobro de tarifa de tal manera que la inclusión de esta propuesta sea autosuficiente, sin obtener utilidades ni pérdidas.

Además, se debe señalar que esta propuesta puede ser postulada por el APR Bahía Mansa a los fondos de adjudicación como proyecto de fortalecimiento del abastecimiento actual de agua potable rural, ya que existen casos recientes, como el del APR Los Pellines en la Región de Los Ríos, que se adjudicó el proyecto de captación de aguas lluvias que conecta con la red de distribución de agua potable, a través del fondo de fortalecimiento de las organizaciones de interés público del año 2017 con un monto de \$ 2.000.000 de inversión y hoy en día se encuentra en ejecución (Ministerio Secretaría General de Gobierno, 2017).

7. Conclusiones y recomendaciones

Este trabajo logra analizar el funcionamiento del sistema de APR Bahía Mansa levantando información respecto a la administración del comité, la infraestructura actual de producción y distribución de agua potable, cantidad y calidad de agua del río Tranallaguin y estero Sin Nombre, demanda y tipos de usos de agua, logrando dar respuesta a las principales dificultades planteadas por el comité APR en torno a la disminución de caudales y problemas de calidad del agua en periodo estival. Del análisis se concluye que:

7.1. Acceso a información

Se debe tener en consideración que una de las mayores dificultades que se presentó en la elaboración de este trabajo fue la falta de información disponible para caracterizar la infraestructura, disponibilidad hídrica y calidad de las fuentes de abastecimiento y agua tratada del sistema APR. La búsqueda de información parcializada en diversos documentos, información del comité que no ha sido integrada y sólo manejan funcionarios específicos, sumado a las dificultades de recopilar información territorial a través de encuestas y entrevistas sin poder realizarlas de manera presencial dentro de la localidad, implicó un gran desafío para el levantamiento de medidas que fortalezcan la administración, infraestructura, control de monitoreo de parámetros de calidad el agua y explorar fuentes alternativas acorde a la realidad local.

Debido a lo anterior, se sugiere ir de forma presencial a observar el estado de la infraestructura actual y realizar mediciones de caudales, ya que teniendo registros medidos permiten validar los caudales obtenidos como resultado del método de estimación indirecta. De igual modo ocurre con la cantidad y frecuencia de muestreo de parámetros de calidad del agua de las fuentes de abastecimiento, agua tratada y distribuida, donde al tener mayor cantidad de datos considerando distintos tiempos de medición, se permite tener un estudio más robusto sobre el comportamiento y calidad del agua.

7.2. Análisis oferta – demanda

Para la determinación de la demanda actual en las cuencas delimitadas por los puntos de captación del APR se debe tener en consideración que en las estimaciones no se consideró el consumo de aguas subterráneas, ni la magnitud de los caudales efectivamente utilizados en los derechos otorgados, y tampoco contabilizó las extracciones no registradas por la DGA, en caso de existir, debido a la falta de información disponible.

Pese a ello, en ambas cuencas se presenta una disminución de la seguridad hídrica de abastecimiento considerando la serie de caudales mensuales para los periodos 2000-2018 y 2010-2018. La cuenca delimitada por la captación en el río Tranallaguin presentó una seguridad hídrica del 97% para el primer periodo que disminuyó un 2% durante el 2010-2018, del cual se desprende que en el río existe caudal suficiente para garantizar la cobertura de abastecimiento de agua potable del APR en periodo estival.

En tanto la cuenca delimitada por la captación en el estero Sin Nombre presenta un 82% de seguridad en el primer periodo y 74% en el segundo periodo de estudio. Al analizar la seguridad de abastecimiento mensual, durante periodo estival el estero Sin Nombre obtiene un 64% de seguridad hídrica, generando preocupación ya que no logra garantizar agua para el consumo humano, lo que se condice con lo señalado por el comité APR (2020).

Por otro lado, analizando la oferta natural asociada al caudal medio anual base del periodo 2000-2018 y proyectada 2030-2060 según los cuatro modelos GCM para ambos puntos de captación del APR, se observa una señal de cambio máxima del 32% del caudal medio anual proyectado bajo el modelo IPSL con un caudal medio anual de 14,6 [m³/s] para el río Tranallaguin y 87,5 [l/s] para el estero Sin Nombre, siendo el caso que entrega los caudales medios anuales proyectados al 2030-2060 más desfavorable bajo escenario de cambio climático.

Ahora bien, al analizar la seguridad hídrica anual se observa que los caudales medios anuales de la demanda antrópica asociada a los DAA otorgados en el periodo base no logran superar los caudales medios anuales de la oferta natural base y proyectada, la cual se produce debido a que no se considera la variación de caudales de la oferta natural mensual y demanda antrópica asociada a los DAA otorgados a cada mes.

Bajo la limitación de usar los resultados de un método de estimación indirecta y del modelo hidrológico implementado en el Balance Hídrico Nacional para obtener una proyección futura, se considera que es un buen método para replicar la tendencia de la escorrentía a nivel local sobre los puntos de captación mediante la extrapolación de señal de cambio para un periodo futuro. Sin embargo, un estudio dedicado a proyecciones in-situ en las cuencas aportantes es necesario para disminuir la dispersión en las estimaciones e incertidumbre de cuantificación de los distintos procesos que ocurren en dichas cuencas.

7.3. Calidad del agua

Respecto a los análisis de calidad del agua, resulta preocupante la falta de registros de análisis de muestras y la frecuencia de muestreo por parte del APR, más aún cuando existen informes con mediciones de contaminantes que están fuera de los valores exigidos por la norma NCh N° 409.

De las muestras puntuales registradas, se observa que la concentración de hierro excede el límite de concentración de 0,3 [mg/l] exigido por la normativa. Así mismo ocurre el manganeso que excede la concentración máxima permitida de 0,1 [mg/l] y es medida en estanque de almacenamiento de 15 [m³] y llave de domicilio particular. Por lo que, se infiere que las altas concentraciones de hierro y manganeso en ese momento podrían ser el motivo de los problemas en torno al color y sabor del agua mencionados por la directiva del APR (2020).

7.4. Medidas administrativas, mejora y control de monitoreo

Por consiguiente, se proponen líneas de acción asociadas al aumento de la frecuencia y control de monitoreo en el análisis de calidad del agua y mejorar la infraestructura en el marco del Plan de desarrollo local de Bahía Mansa 2017-2021 de PLADECO (2017). Además, debido a que también se evidenció dispersión en las capacidades técnicas, financieras y de gestión del comité producto de la falta de memoria institucional y poder organizativo, se propusieron líneas de acción

vinculadas con la realización de asambleas ordinarias y educativas donde se refuerce la cohesión comunitaria y se aborden los desafíos del comité desde una perspectiva sectorial.

7.5. Evaluación de fuentes alternativas

Por otro lado, se proponen dos fuentes alternativas de agua como medidas de adaptación ante los problemas de abastecimiento en periodo estival: sistema de captación de aguas lluvias con filtración directa y cloración, y reutilización de aguas grises provenientes del hogar para su uso exclusivo en riego de pequeña agricultura.

Esta última propuesta, nace principalmente de fortalecer a la pequeña agricultura y sólo puede ser implementada de manera individual. La propuesta contempla una inversión inicial de \$ 364.206 asociada únicamente a los componentes del diseño con precios actualizados al año 2021. En caso de querer implementarse, se sugiere considerar costos extras asociados a la instalación y mantención del sistema. Por otro lado, el sistema de captación de aguas lluvias es una medida que puede ser implementada tanto por el APR, como de manera individual. Esta propuesta contempló una inversión inicial de \$ 554.852 asociada únicamente a los componentes del diseño.

Respecto a la estimación de costos del sistema propuesto al APR, para un horizonte de vida útil de 20 años, se sugiere realizar un estudio más robusto dejando establecido los supuestos que condicionan los beneficios e ingresos, ya que estos últimos no pudieron ser considerados en el análisis porque no se disponía de dicha información y no fue posible cuantificarla. Sin embargo, de la estimación realizada, se observa que el principal costo asociado a la operación es el consumo eléctrico, por lo que se sugiere explorar el uso de energías más sustentables para abaratar costos.

Es importante señalar que el sistema de reutilización de aguas grises propuesto cuenta solamente con tratamiento primario, siendo una posible limitante la calidad del agua que se obtenga bajo la consideración del proceso de desengrasado y filtración del sistema. Por ende, resulta sumamente relevante profundizar en alternativas que permitan garantizar el cumplimiento de los límites exigidos por la Norma Chilena N°1.333 asociada a los requisitos de calidad del agua para diferentes usos, en particular, para el riego.

Este tipo de iniciativas promueven una mayor equidad y dignificación a los usuarios del APR Bahía Mansa, mejorando su calidad de vida. Aún falta mucho por avanzar, los APR deben lograr garantizar el acceso al agua potable en cantidad, continuidad y calidad, y para ello, se requiere seguir trabajando en la elaboración de planes, programas, acciones y medidas para garantizar un manejo adecuado de los recursos hídricos disponibles y que sean acorde a la realidad local.

7.6. Trabajo futuro

Ahora bien, se debe agregar que este trabajo no profundiza en el saneamiento rural debido a que, para lograr la asignación de recursos para estudios de construcción del sistema de tratamiento y disposición final de aguas servidas, según lo dispuesto por la Ley N° 20.998, se debe tener una cobertura adecuada de abastecimiento de agua potable rural para poder contar con red de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas.

El desafío recae en que una vez que el APR Bahía Mansa logre garantizar el acceso al agua potable rural en cantidad, continuidad y calidad, pueda postular a red de alcantarillado y

posteriormente a sistemas de tratamiento de aguas residuales con el apoyo de Ley N° 20.998, la cual establece en sus artículos transitorios una implementación progresiva de proyectos de tratamiento y recolección de aguas servidas.

Finalmente, el trabajo realizado contribuye a la búsqueda de estrategias para solucionar y mitigar los problemas del comité APR Bahía Mansa, adaptándose a los nuevos desafíos, levantando propuestas acordes a la realidad local y considerando los factores de cambio de las condiciones de disponibilidad de agua producto de la escasez de agua en periodo estival, el cual afecta el diario vivir de la población rural.

Se abre aquí una importante línea de trabajo en cuanto a no solo desarrollar escenarios futuros, sino que también contextualizar la señal de cambio climático con relación a la variabilidad natural de cada sistema, la cual debe lograr ser cuantificada de mejor manera, y otros cambios asociados principalmente al aumento de la demanda de agua potable, variabilidad de calidad del agua o cambios de uso de suelo. Por lo que, se propone profundizar en estudios más detallados respecto a la viabilidad de ejecutar propuestas similares presentadas en este trabajo, evaluando explorar nuevas tecnologías considerando las características particulares del territorio (geográficas, climáticas, demográficas, socioeconómicas, entre otros). Esta información es fundamental para diseñar y eventualmente implementar políticas públicas para la adaptación a las consecuencias de la escasez de agua.

Bibliografía

- Abramo, L., Cecchini, S., & Morales, B. (2019). Programas sociales, superación de la pobreza e inclusión laboral: aprendizajes desde América Latina y el Caribe. CEPAL.
- AIDIS Chile (2016). Edición Especial: Agua Potable Y Saneamiento Rural.
- AIDIS Chile (2017). Edición Especial: Aguas grises, un recurso latente.
- Aldunce, P., Beilin, R., Handmer, J., Howden, M. (2014). Enmarcando la resiliencia ante desastres. Prevención y gestión de desastres.
- Aldunce P, Handmer J, Beilin R, Howden M. (2016). ¿Se enmarca el cambio climático como "la situación habitual" o como un problema desafiante? El dilema de los practicantes. Environment Plan C Gov Policy.
- Alesina, L., Batthyány, K., & Cabrera, M. (2011). Metodología de la investigación en Ciencias Sociales. Universidad de la República.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma: FAO, 298.
- Álvarez-Garreton, C., Mendoza, P., Boisier, JP., Addor, N., Galleguillos, M., Zambrano-Bigiarini, M., Lara, A., Puelma, C., Cortes, G., Garreaud, R., McPhee, J., Ayala, A. (2018). El conjunto de datos CAMELS-CL: atributos de cuenca y meteorología para estudios de muestras grandes - Conjunto de datos de Chile. Hydrol. Earth Syst. Sci.
- Alonso, L., Benito, L. (1998). La mirada cualitativa en sociología: una aproximación interpretativa (Vol. 218). Editorial Fundamentos.
- Alvarado, G. (17 de diciembre de 2020). Ciclo de seminarios: Dialogando por el agua "Servicios Sanitarios Rurales".
- Banco Mundial (2013). Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos.
- Barrantes, R. (2014). Investigación: Un camino al conocimiento, un enfoque cualitativo, cuantitativo y mixto (No. 001.4 B268i2). San José, CR: EUNED, 2013.
- Batthyány, K., Cabrera, M., Alesina, L., Bertoni, M., Mascheroni, P., Moreira, N., ... & Rojo, V. (2011). Metodología de la investigación para las ciencias sociales: apuntes para un curso inicial.
- Beck, H., A. I. J. M. van Dijk, A. de Roo, D. G. Miralles, T. R. McVicar, J. Schellekens, and L. A. Bruijnzeel (2016) Global-scale regionalization of hydrologic model parameters, *Water Resour. Res.*, 52, 3599–3622, doi:10.1002/2015WR018247.
- Berner, H. (2014). Pobreza Multidimensional en Chile: Una nueva mirada. Obtenido de Observatorio Ministerio de Desarrollo Social y Familia, Gobierno de Chile.
- Blanco, E. & Donoso, G. (2016). Agua potable rural: desafíos para la provisión sustentable del recurso. *Actas de Derecho de Agua*. pp. 63-79.
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile [BCN] (2020). Información Territorial: Clima y vegetación de la Región de Los Lagos.

- Blöschl et al. (2013). *Runoff Prediction in Ungauged Basins*. New York: Cambridge University Press.
- Boisier, JP, et al. (2018). Anthropogenic drying in central-southern Chile evidenced by long-term observations and climate model simulations. *Elem Sci Anth*, 6: 74. DOI: <https://doi.org/10.1525/elementa.328>
- Budde, N., Mendoza, P., Vásquez, N., Álvarez, C., Barría, P. (2020). Diagnóstico de la información de Derechos de Agua en Chile Continental. Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica. XXIV Congreso Chileno De Ingeniería Hidráulica. Universidad Diego Portales.
- Carrasco, W. (2011). Políticas públicas para la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento en las áreas rurales. Obtenido de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Colección Documentos de proyectos. Santiago, Chile.
- Cea D'Ancona, M. (1999). Metodología cuantitativa: estrategias y técnicas en investigación social. No. 001.8 CEA.
- CR2 (2015). Informe a la Nación: La Megasequía del 2010-2015: Una lección para el futuro.
- Charles, K. & Sally, D. (2010). Knowledge Action Networks: Connecting regional climate change assessments to local action. UCSD Sustainability Solutions Institute, UC San Diego. pp. 8.
- CEPAL (2012). La economía del cambio climático en Chile.
- CEPAL (2018). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe.
- CEPAL, OCDE (2016). Evaluaciones del desempeño ambiental: Chile 2016, Santiago, 2016.
- CNR (2018). Informe de instalación de sistemas de recolección, acumulación y aprovechamiento de aguas lluvias y sistema productivo, Provincia de Llanquihue. Disponible en: <http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/26969/CNR-0439.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CNR (2019). Sistemas de acumulación de aguas lluvias. <https://www.cnr.gob.cl/wp-content/uploads/2019/07/Anexo-6.-Sistemas-de-Acumulacio%CC%81n-Aguas-Lluvias.pdf>
- Comité de Agua Potable Rural Bahía Mansa (APR Bahía Mansa) (19 de noviembre de 2020). Entrevista a directiva de comité de APR Bahía Mansa.
- Contreras, P. (2020). Comunicación personal de jefe Territorial de la Región de Los Lagos de la Fundación para la Superación de la Pobreza con Directiva de comité de APR Bahía Mansa.
- Costa, E. (2016). Diagnóstico para un cambio: los dilemas de la regulación de las aguas en Chile. *Revista Chilena de Derecho*, vol. 43 N° 1, pp. 335-354.
- Dingman, S. L. (2015). *Physical hydrology*. Waveland press. Third Edition, pp. 298.
- DOH (2020). Acerca del programa APR. Disponible en: <http://www.doh.cl/APR/AcercadeAPR/Paginas/acercaAPR.aspx> (visitado el 10 de noviembre de 2020).
- DOH (2020). Programa de Agua Potable Rural MOP. Noticias Agua Potable Rural: Nueva Ley 20.998 sobre Servicios Sanitarios Rurales entra en vigor a partir del 20 de noviembre. Nivel Nacional, Dirección de Obras Hidráulicas. Disponible en: http://www.doh.cl/APR/Paginas/Detalle_noticia_APR.aspx?item=761

- DGA (2018). Aplicación de la metodología de actualización del balance hídrico nacional en las cuencas de las macrozonas norte y centro, SIT N° 435. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, División de Estudios Planificación, Santiago, Chile. Realizado por Fundación para la Transferencia Tecnológica y Pontificia Universidad Católica de Chile.
- DGA (2019). Aplicación de la metodología de actualización del balance hídrico nacional en la macrozona sur y parte norte de la macrozona austral, SIT N° 441. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, División de Estudios y Planificación, Santiago, Chile. Elaborado por: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
- DGA (2019). Mapa Hidroquímico de Chile, SIT N°448, Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, División de Conservación de Recursos Hídricos, Santiago, Chile, Realizado por DICTUC S.A. Disponible en: <http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/32375>
- DGA (2021). Reporte Meteorológico de Información Oficial Hidrometeorológica y de Calidad de Aguas en Línea. Disponible en: <https://snia.mop.gob.cl/BNAConsultas/reportes> (consultado el 9 de agosto del 2021).
- Donoso, G. (2015). Evaluación Programas Gubernamentales (EPG) Programa de Infraestructura Hidráulica de Agua Potable Rural (APR). Ministerio de Obras Públicas de la Dirección de Obras Hidráulicas, Gobierno de Chile.
- Donoso, G., Calderón, C., & Silva, M. (2015). Informe Final de evaluación Programa de Infraestructura Hidráulica de Agua Potable Rural. Dirección de Presupuestos del Ministerios de Hacienda (DIPRES). Santiago, Chile.
- Duhart, P. McDonough, M. Muñoz, J. Martin, M. Villeneuve, M. (2001). El Complejo Metamórfico Bahía Mansa en la Cordillera de la Costa del centro-sur de Chile (39°30'-42°00' S): geocronología K-Ar, Ar/Ar y U-Pb e implicancias en la evolución del margen suroccidental de Gondwana. *Revista Geológica de Chile*, Vol. 28, No. 2, p. 179-208.
- Escenarios Hídricos 2030 (2018). Radiografía del Agua: Brecha y Riesgo Hídrico en Chile. Santiago, Chile.
- Environmental Protection Agency (EPA) (2010). Control and Mitigation of Drinking Water Losses in Distribution Systems. EPA Office of Water.
- Espín López, J. V. (2002). El análisis de contenido: una técnica para explorar y sistematizar información.
- Espinoza, P. (2012). La regulación del servicio de agua potable y sus consecuencias en los índices de pobreza en Chile.
- Falvey, M., Garreaud R. (2009) Regional cooling in a warming world: Recent temperature trends in the SE Pacific and along the west coast of subtropical South America (1979-2006).
- Figueroa, A. (2019). Escenarios Hídricos 2030: medidas, acciones y soluciones. Evaluación cualitativa de impactos ambientales de las medidas, acciones y soluciones (MAS).
- Fuentes, N., Ríos-Henríquez, C. y Arriagada, A. (2021). Diagnóstico ambiental “Propuestas para Programas de Vigilancia de la calidad primaria y secundaria de las aguas de los ríos Rahue y Damas”. Informe final 119 páginas. Convenio de Colaboración, Universidad de Los Lagos y la Ilustre Municipalidad de Osorno.

- Fuenzalida, E. (2011). Tesis Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales (UC). Sistemas sociotécnicos para el abastecimiento de agua domiciliaria en el periurbano de la Región Metropolitana de Santiago.
- Fuenzalida, H, Aceituno, P., Falvey, M., Garreaud, R., Rojas, M., Sanchez, R. (2007). Study on Climate Variability for Chile during the 21st century, Technical Report prepared for the National Environmental Committee.
- Fundación Amulén (2019). Pobres de agua. Radiografía del agua rural de Chile: Visualización de un problema oculto. Santiago, Chile.
- Fundación Newenko (2019). Escasez hídrica en Chile: Desafíos para el consumo humano y perspectivas en modelos comparados. Santiago, Chile.
- Gero, A., Méheux D., Dominey-Howes (2011). Integrando la reducción del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático en el Pacífico. Clima y desarrollo.
- Glantz, MH., Gommes, R. y Ramasamy, S. (2009). Hacer frente a un clima cambiante: consideraciones para la adaptación y la mitigación en la agricultura. Serie de gestión del medio ambiente y los recursos naturales, Seguimiento y evaluación, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- INDAP (2020). Agricultor de Olmué Juan Altamirano reutiliza agua de lavadora, ducha y lavamanos para regar sus frutales. Disponible en: <https://www.indap.gob.cl/noticias/detalle/2020/01/16/agricultor-de-olmu%C3%A9-juan-altamirano-reutiliza-agua-de-lavadora-ducha-y-lavamanos-para-regar-sus-frutales>
- INN (2005). Normas oficiales para la calidad del agua. Chile: Norma Chilena 409/1 Of. 2005 Agua Potable - Parte 1: Calidad Agua Potable y Norma Chilena 409/2 Of. 2004 Agua Potable - Parte 2: Muestreo.
- I. Municipalidad de San Juan de la Costa (2017). Proyecto de Desarrollo Local para San Juan de la Costa 2017-2021.
- I. Municipalidad de San Juan de la Costa (2019). Cuenta Pública San Juan de la Costa 2019. Recuperado de: <https://www.m.sanjuandelacosta.cl/cuentas-publicas>
- I. Municipalidad de San Juan de la Costa (10 de diciembre del 2020). Déficit Hídrico: Preocupación y tarea permanente en la municipalidad de San Juan de la Costa. Recuperado de: <https://www.m.sanjuandelacosta.cl/post/d%C3%A9ficit-h%C3%ADrico-preocupaci%C3%B3n-y-tarea-permanente-en-la-municipalidad-de-san-juan-de-la-costa>
- INE (2018). Síntesis de resultados Censo 2017.
- INE (2019). Estimaciones y proyecciones de la población de Chile 2002-2035 a nivel comunal. Documento metodológico.
- Leiva, E., Sánchez, R., Serrano, J., Schneider, N., Alvial, C., Rodríguez, C. (2020). Concurso Políticas Públicas UC 2020. Propuestas para Chile. Reutilización de aguas grises en Chile: propuesta de implementación en comunidades rurales como alternativa de mitigación para la escasez hídrica. Disponible: https://politicaspUBLICAS.uc.cl/wp-content/uploads/2021/04/Cap_6.pdf
- Llera, J., Fontaine, J., Luksic, P., Moreno, L., Vidal, G. (2020) Mesa 1: Personas que residen en una vivienda sin servicios sanitarios básicos (agua potable y/o baño). Primera edición (Ed. Donoso, G., Molinos, M.). Compromiso País. Presidencia del Gobierno de Chile.

- López, A. (2007). Kristal Resumen Ejecutivo estudio de soluciones de saneamiento rural. Obtenido de Ministerio del Interior Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE), Gobierno de Chile.
- López, C. (2009). Guía para la utilización de aguas grises de lavamanos en establecimientos educaciones. Disponible en: http://www.sinia.cl/1292/articulos-49934_GuiaLavamanosEducacionAmbiental.pdf
- Martin & Pinto (2015). Escasez extraordinaria y derecho de aguas, en RDAE N°20, pp. 148.
- MDSF (2019). Informe de Desarrollo Social y Familia 2019, Gobierno de Chile.
- MDSF (2017). Casen 2017. Estimaciones de la tasa de pobreza por ingresos y multidimensional a nivel comunal, año 2017. Aplicación de metodología de estimación para áreas pequeñas (SAE). División Observatorio Social.
- MDSF (2018). Observatorio Social - Serie de Datos de la Tasa de Pobreza Comunal.
- Ministerio de Justicia (1981). D.F.L. N° 1122/81: Fija texto del Código de Aguas. Biblioteca del Congreso Nacional.
- Ministerio del Interior y Seguridad Pública (2015). Política Nacional para los Recursos Hídricos. Chile.
- MMA (2015). Decreto N° 71 del 2015. Modifica Decreto N° 14, de 2012, que aprueba reglamento para la determinación del caudal ecológico mínimo. Artículo 1°. 30 de septiembre de 2014. Disponible en: <http://bcn.cl/2euxr>
- MMA (2020). Mapa usos de suelo SINIA. Disponible en: <http://ide.mma.gob.cl/#>. Consultado el 07 de enero de 2020.
- MOP (1988). D.F.L. N° 382/88: Ley General de Servicios Sanitarios.
- MOP (2013). Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2012-2015. Disponible en: https://www.mop.cl/Documents/ENRH_2013_OK.pdf
- MOP (2016). Atlas del Agua. Santiago, Chile.
- MOP (2018). Ley N° 20.988: Regulación de Servicios Sanitarios Rurales.
- MOP (7 de mayo de 2018). Presentación: “Avances en la implementación de la Ley 20.998 que regula los servicios sanitarios rurales”.
- MOP (2019). Manual de proyectos de Agua Potable Rural: Guía para el diseño y contenido de proyectos de sistemas de agua potable rural.
- Ministerio Secretaría General de Gobierno (MSGG) (2017) Unidad de fondos concursables: Fondo de fortalecimiento de las organizaciones de interés público 2017. Adjudicación de proyectos Región de Los Ríos <https://fondodefortalecimiento.gob.cl/wp-content/uploads/2013/05/ADJUDICADOS-REGI%C3%93N-DE-LOS-R%C3%8DOS-FFOIP-2017.pdf>
- Ministerio del Interior (1996). Ley N° 19.483: Modifica ley N° 19.418, sobre juntas de vecinos y demás organizaciones comunitarias.
- MDSF (2017). Estimaciones de la tasa de pobreza por ingresos y multidimensional a nivel comunal, año 2017.

- MINVU (05 de mayo del 2021). Beneficios de la Vivienda. <https://www.minvu.gob.cl/beneficios/vivienda/>
- Padilla, E. (2012). “La construcción social de la escasez de agua. Una perspectiva teórica anclada en la construcción territorial”, en *Revista Región y Sociedad*, N° 3 especial, pp. 92.
- OMS (2006). Guías para la calidad del agua potable. Recuperado 10 de Julio del 2021, de http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_ann4.pdf?ua=1
- OMS (2013). Organización Mundial de la Salud. Obtenido de Cambio climático y salud humana: Servicios de aguas para la salud.
- OMS (2015). Resolución A/RES/70/1 Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”, 25 de noviembre de 2015.
- ONU (2010). Resolución 64/292. El derecho humano al agua y al saneamiento. 108ª sesión plenaria de la Asamblea General de las Naciones Unidas.
- Ostrom, E. (2009). Un marco general para analizar la sostenibilidad de los sistemas socioecológicos. *Science*, pp. 419-422.
- Ostrom, E. (2010). Sistemas policéntricos para afrontar la acción colectiva y el cambio ambiental global. *Cambio ambiental global*, pp. 550-557.
- Oudin, L., V. Andréassian, C. Perrin, C. Michel, and N. Le Moine (2008), Spatial proximity, physical similarity, regression and ungaged catchments: A comparison of regionalization approaches based on 913 French catchments, *Water Resour. Res.*, 44, W03413, doi:10.1029/2007WR006240.
- Quintana, J. M., & Aceituno, P (2012). Changes in the rainfall regime along the extratropical west coast of South America (Chile): 30-43° S.
- Recabarren, O. (2016). El estándar del derecho de aguas desde la perspectiva del derecho internacional de los derechos humanos y del medio ambiente. *Estudios constitucionales*, pp. 305-346.
- Ríos, M., Cociña, M., Zilveti, M. (2019). Desigualdad regional en Chile: la necesidad de datos subnacionales y subregionales. En von Baer vL, H., & Bravo, N. *Desarrollo Territorial Colaborativo: Descentralizando poder, competencias y recursos*. pp. 477-504.
- Ruiz, J. (2016). Evaluación de metodologías indirectas para la estimación de caudales medios mensuales en la zona del piedemonte del departamento del Casanare.
- Santibáñez, F. (2018). El cambio climático y los recursos hídricos en Chile.
- Saravia, S., Matus, M., Blanco, G., Llavona, A., Naranjo, L. (2020). “Desafíos hídricos en Chile y recomendaciones para el cumplimiento del ODS 6 en América Latina y el Caribe”, serie Recursos Naturales y Desarrollo, N° 198 (LC/TS.2020/134), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Schulte, P. (2014). *Defining Water Scarcity, Water Stress, and Water Risk: It’s Not Just Semantics*. Pacific Institute.
- Servicio Agrícola y Ganadero (2014). *Reseña de la vegetación de Chile*.
- Sivapalan, M., Takeuchi, K., Franks, SW, Gupta, VK, Karambiri, H., Lakshmi, V., ... y Zehe, E. (2003). Decenio de la IAHS sobre predicciones en cuencas no calibradas (PUB), 2003–

- 2012: Dando forma a un futuro apasionante para las ciencias hidrológicas. *Revista de ciencias hidrológicas*, 48 (6), 857-880.
- Sola, Á. (17 de diciembre de 2020). Ciclo de seminarios: Dialogando por el agua "Servicios Sanitarios Rurales".
- Stehr A., C. Alvarez, P. Alvarez, J. L. Arumi, C. Baeza, R. Barra, C. A. Berroeta, Y. Castillo, G. Chiang, D. Cotoras, S. A. Crespo, V. Delgado, G. Donoso, A. Dussaillant, F. Ferrando, R. Figueroa, C. Frene, R. Fuster, A. Godoy, T. Gomez, E. Holzapfel, C. Huneus, M. Jara, C. Little, K. Lizama, M. Musalem, M. Olivares, O. Parra, R. D. Ponce, D. Rivera, I. Rodriguez, A. Sepulveda, M. Somos, F. Ugalde, R. Urrutia, M. Valenzuela, C. Vargas, X. Vargas, S. Vasquez, I. L. Vera, S. Vicuna, G. Vidal y M. Yevenes (2019). Recursos hídricos en Chile: Impactos y adaptación al cambio climático. Informe de la mesa Agua. Santiago: Comité científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.
- SUBDERE (2018). Manual de Soluciones de Saneamiento Sanitario para zonas rurales. Ministerio del Interior, Gobierno de Chile.
- SUBDERE (2018). Estudio de Soluciones Sanitarias para el Sector Rural. Ministerio del Interior, Gobierno de Chile.
- SISS (6 de mayo de 2021). Serie de datos: Cuadro 5: cobertura de agua potable y alcantarillado en territorios urbanos y concesionados, Cuadro 6: cobertura de tratamiento de aguas servidas sobre población conectada al alcantarillado, en territorios urbanos y concesionados. Disponible en: <http://www.siss.gob.cl/586/w3-propertyvalue-6422.html>
- Tapia, F. (2018). "Regulación de la Sequía en Chile: Análisis Normativo de la Declaración de Escasez del Artículo 314 del Código de Aguas". Presentación de las XX Jornadas de Derecho de Aguas, Pontificia Universidad Católica, 5 de septiembre de 2018, Santiago, Chile.
- Thornthwaite, C. W.; Mather, J. R. (1957). Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Centerton: Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (UNDP) (2016). Captación y aprovechamiento de agua de lluvia en América Latina: experiencias y conclusiones de un debate. Recuperado de: <https://www.latinamerica.undp.org/content/dam/rblac/docs/Research%20and%20Publications/Repository/Chile/UNDP-RBLAC-AguaLluviaCL.pdf>
- UNESCO (2015). Manual de diseño y construcción de sistemas de captación de aguas lluvias en zonas rurales de Chile. Pizarro, R., A. Abarza, C. Morales, R. Calderón, J. Tapia, P. García y M. Córdova. 94 p. Editorial Universidad de Talca, Chile.
- Villaroel, C. (2012). Asociaciones comunitarias de agua potable rural en Chile: diagnóstico y desafíos. Santiago de Chile.
- Weibull, W. (1939). The phenomenon of rupture in solids. *IVA Handlingar*, 153.

Anexos

Anexo A. Requisitos de calidad para el agua potable – Norma Chilena NCh409/1 of. 2005.

Tabla A-1. Requisitos de parámetros de calidad tipo I y II para el agua potable.

Parámetros	Unidad	Límite permitido	Tolerancia
Tipo I. Microbiológicos y turbiedad			
Coliformes totales	Presencia	≥ 1 UFC o NMP/100ml	Presencia en 1 muestra mensual si se analizan menos de 10 en el mes.
Coliformes totales	Presencia	≥ 1 UFC o NMP/100ml	Presencia en el 10% de las muestras si se analizan 10 o más en el mes.
Coliformes totales	UFC o NMP/100ml	≥ 5 UFC o NMP/100ml	1 muestra cuando se hayan analizado menos de 20 en el mes.
Coliformes totales	UFC o NMP/100ml	≥ 5 UFC o NMP/100ml	% de las muestras cuando se hayan analizado 20 o más muestras.
<i>Escherichia Coli</i>	UFC o NMP/100ml	0	Ausencia de <i>E. Coli</i> .
Turbiedad	UNT	≤ 2 UNT	Promedio mensual.
Turbiedad	UNT	> 4 UNT	1 muestra cuando se analicen menos de 20 en el mes.
Turbiedad	UNT	> 4 UNT	5% de las muestras cuando se hayan analizado más de 20 en el mes.
Tipo II. Elementos o sustancias químicas de importancia para la salud			
Elementos esenciales			
Cobre	mg/l	2	-
Cromo total	mg/l	0,05	-
Fluoruro	mg/l	1,5	-
Hierro	mg/l	0,3	-
Manganeso	mg/l	0,1	-
Magnesio	mg/l	125	-
Selenio	mg/l	0,01	-
Zinc	mg/l	3	-
Elementos o sustancias no esenciales			
Arsénico	mg/l	0,01	-
Cadmio	mg/l	0,01	-
Cianuro	mg/l	0,05	-
Mercurio	mg/l	0,001	-
Nitrato	mg/l	50	-
Nitrito	mg/l	3	-
Razón Nitrato + Nitrito	mg/l	1	-
Plomo	mg/l	0,05	-
Sustancias orgánicas			
Tetracloroetano	µg/l	40	-
Benceno	µg/l	10	-
Tolueno	µg/l	700	-
Xilenos	µg/l	500	-
Plaguicidas			
DDT+DDD+DDE	µg/l	2	-
2,4-D	µg/l	30	-
Lindano	µg/l	2	-
Metoxicloro	µg/l	20	-
Pentaclorofenol	µg/l	9	-
Productos secundarios de la desinfección			
Monocloramina	mg/l	3	-
Dibromoclorometano	mg/l	0,1	-
Bromodiclorometano	mg/l	0,06	-
Tribromometano	mg/l	0,1	-
Triclorometano	mg/l	0,2	-
Trihalometanos	mg/l	1	-

Tabla A-2. Requisitos de parámetros de calidad tipo IV y V para el agua potable.

Parámetros	Unidad	Límite permitido	Tolerancia
Tipo IV. Parámetros organolépticos			
Físicos			
Color verdadero	PtCo	20	-
Sabor	-	Insípida	-
Olor	-	Inodora	-
Inorgánicos			
Amoniaco	mg/l	1,5	-
Cloruro	mg/l	400	-
pH	-	6,5 < pH < 8,5	-
Sulfato	mg/l	500	-
Sólidos disueltos totales	mg/l	1500	-
Orgánicos			
Compuestos fenólicos Fenol	µg/l	2	-
Tipo V. Parámetros desinfección			
Cloro residual libre	mg/l	0,2 < Cloro residual libre < 2	-

Anexo B. Caracterización climática de Bahía Mansa.

Validación de datos CR2MET con observados en estación meteorológica

La zona de estudio cuenta con una estación pluviométrica, llamada Estación Bahía Mansa (código BNA: 20401002-4), ubicada a 40,35° Latitud Sur y 73,43° Longitud Oeste, que contiene registros desde octubre del 1997 hasta marzo del 2002 (DGA, 2021).

Para la validación de datos obtenidos del producto grillado CR2MET con respecto a los datos medidos en estación pluviométrica Bahía Mansa, se realizó una regresión entre la precipitación media a partir de octubre de 1997 hasta marzo del 2002, considerando un total de 54 datos. En la figura B-1 se presenta un gráfico de dispersión con los datos registrados por la estación y los datos obtenidos de CR2MET en los ejes X e Y, respectivamente. De la muestra analizada se obtuvo un coeficiente de determinación (R^2) de 0,92, una raíz de error cuadrático medio (RMSE) de 40,18 [mm/mes], coeficiente de Nash-Sutcliffe (NSE) de 0,9, un porcentaje de sesgo (PBIAS) del -12,5% y un índice de desviación estándar de observaciones (RSR) del 0,1 [mm/mes].

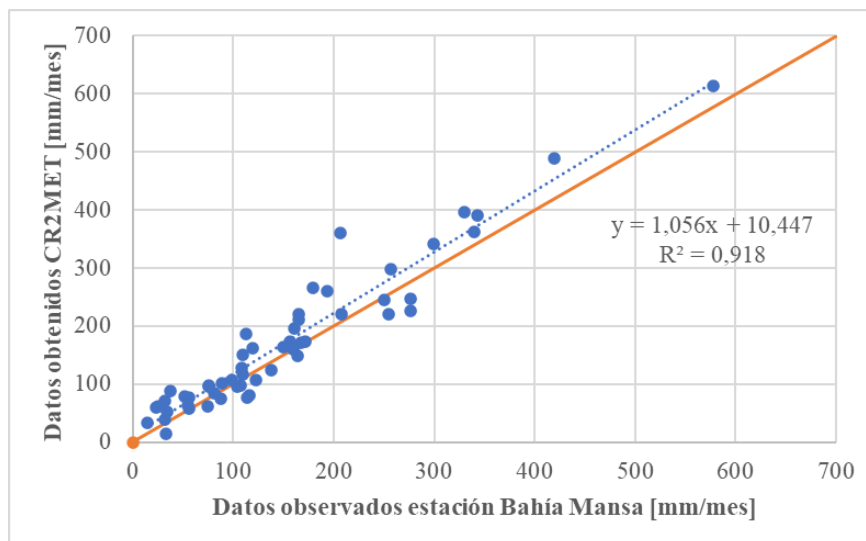


Figura B-1. Comparación de datos medidos entre estación pluviométrica Bahía Mansa y obtenidos de producto grillado CR2MET a partir de octubre 1997 hasta marzo del 2002.

Temperaturas (medias y extremas) y precipitaciones medias mensuales determinados para cada periodo 2000-2018 y 2009-2018

Tabla B-1. Temperaturas y precipitaciones medias mensuales en captación APR de río Tranallaguin para períodos de estudio de 2000-2018 y 2009-2018. Fuente: Datos CR2MET.

Mes	T media [°C]		T máxima [°C]		T mínima [°C]		Pp media [mm]	
	2000-2018	2010-2018	2000-2018	2010-2018	2000-2018	2010-2018	2000-2018	2010-2018
Abril	8,4	8,4	12,4	12,4	4,3	4,3	338,7	337,6
Mayo	6,7	6,5	10,3	10,2	3,2	2,7	402,4	363,0
Junio	6,3	5,8	10,0	9,7	2,5	1,8	364,3	350,8
Julio	6,8	6,4	10,8	10,5	2,9	2,3	362,4	413,8
Agosto	7,9	7,5	12,3	12,2	3,4	2,9	203,9	219,0
Septiembre	9,0	8,5	13,4	13,4	4,5	3,7	180,0	161,0
Octubre	10,0	10,0	14,8	15,2	5,1	4,7	129,7	110,0
Noviembre	11,5	11,6	16,8	17,3	6,2	6,0	116,3	121,1
Diciembre	13,3	14,1	18,9	20,4	7,7	7,7	90,9	77,0
Enero	13,8	13,9	19,2	19,9	8,3	7,9	88,0	104,5
Febrero	12,2	12,1	17,3	17,7	7,0	6,5	127,4	121,7
Marzo	9,8	9,6	14,5	14,4	5,2	4,8	197,4	176,9

Tabla B-2. Temperaturas y precipitaciones medias mensuales en captación APR de estero Sin Nombre para períodos de estudio de 2000-2018 y 2010-2018. Fuente: Datos CR2MET.

Mes	T media [°C]		T máxima [°C]		T mínima [°C]		Pp media [mm]	
	2000-2018	2010-2018	2000-2018	2010-2018	2000-2018	2010-2018	2000-2018	2010-2018
Abril	8,4	8,6	12,4	12,6	4,3	4,6	338,7	330,0
Mayo	6,7	6,7	10,3	10,3	3,2	3,1	402,4	350,3
Junio	6,3	6,1	10,0	9,9	2,5	2,4	364,3	336,6
Julio	6,8	6,8	10,8	10,7	2,9	2,9	362,4	393,5
Agosto	7,9	7,9	12,3	12,3	3,4	3,5	203,9	213,1
Septiembre	9,0	8,9	13,4	13,4	4,5	4,3	180,0	152,4
Octubre	10,0	10,1	14,8	15,1	5,1	5,2	129,7	104,9
Noviembre	11,5	11,5	16,8	16,8	6,2	6,2	116,3	116,4
Diciembre	13,3	13,7	18,9	19,5	7,7	8,0	90,9	75,7
Enero	13,8	13,7	19,2	19,2	8,3	8,3	88,0	102,6
Febrero	12,2	12,2	17,3	17,4	7,0	7,0	127,4	121,7
Marzo	9,8	9,9	14,5	14,6	5,2	5,3	197,4	177,1

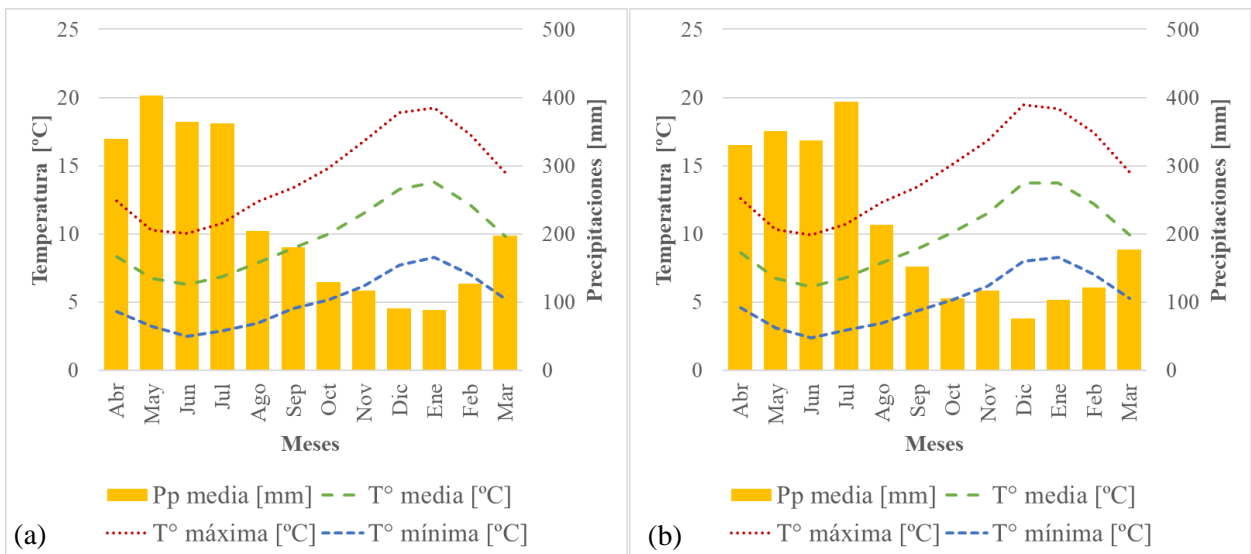


Figura B-2. Climograma de zona de estudio para período 2000-2018 (a) y período 2010-2018 (b). Elaborado a partir de datos CR2MET.

Anexo C. Encuesta utilizada para la estimación de la demanda, tipos de usos de agua y percepción de la administración de agua.

ENCUESTA: GESTIÓN DEL AGUA ANTE PROBLEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN BAHÍA MANSA

Nombre encuestador/a: _____
 Fecha: ____/10/20.
 N° Encuesta: _____.
 Localidad: _____.

A. IDENTIFICACIÓN DEL/LA ENCUESTADO/A

A1. Nombre Completo:	_____.		
A2. Edad:	_____.		
A3. Sexo:	<input type="checkbox"/> Femenino	<input type="checkbox"/> Masculino	
A4. ¿Pertenece a un pueblo originario?	<input type="checkbox"/> Sí, ¿Cuál? _____.	<input type="checkbox"/> No (Pase a la	
A5. ¿Pertenece a alguna comunidad y/o asociación indígena?	pregunta A6) <input type="checkbox"/> Sí, ¿Cuál? _____.	<input type="checkbox"/> No	
A6. Cantidad de personas que viven en el hogar:	_____.		

B. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS DEL/LA ENCUESTADO/A

B1. ¿Es usted jefe/a de hogar?	<input type="checkbox"/> 1 Sí	<input type="checkbox"/> 2 No
---------------------------------------	-------------------------------	-------------------------------

B2. Ocupación Actual:	<input type="checkbox"/> Pensionado(a)/Jubilado(a)	<input type="checkbox"/> Trabajador/a Informal
<input type="checkbox"/> Pescador/a	<input type="checkbox"/> Empleado/a Sector Público	<input type="checkbox"/> Otro
<input type="checkbox"/> Agricultor/a	<input type="checkbox"/> Empleado/a Sector Privado	
<input type="checkbox"/> Asociada a turismo	<input type="checkbox"/> Trabajador/a Independiente	
<input type="checkbox"/> Desempleado/a		

B3. Usted es:	<input type="checkbox"/> 1 Propietario de la vivienda	<input type="checkbox"/> 2 Arrendatario de la vivienda
----------------------	---	--

B4. ¿Cuántas propiedades tiene en su terreno?	<input type="checkbox"/> 1 Una casa (Pase a la sección C)
	<input type="checkbox"/> 2 Dos casas (Pase a la pregunta B5)
	<input type="checkbox"/> 3 Tres casas (Pase a la pregunta B5)
	<input type="checkbox"/> 4 O más casas (Pase a la pregunta B5)

B5. ¿Para que usa la(s) otra(s) propiedad(es)?	<input type="checkbox"/> 1 Segunda vivienda	<input type="checkbox"/> 2 Arriendo	<input type="checkbox"/> 3 Cabañas veraniegas	<input type="checkbox"/> 4 Uso comercial
---	---	-------------------------------------	---	--

C. PRÁCTICA DE USO EFICIENTE DEL AGUA

C1. ¿Cuántos litros consume a diario (L/día) para las diferentes tareas y cuál es su fuente de abastecimiento en verano? *		Fuente de abastecimiento				
		Alcantarillado	Pozo	Camión aljibe	Aguas lluvias	Vertiente
Tipo actividad	Aseo hogar					
	Consumo humano					
	Actividad comercial					
	Riego					
	Ganadería					

C2. ¿Qué sistema usa para el manejo de aguas servidas?	<input type="checkbox"/> 1 Sistema Individual (Pozo séptico)	<input type="checkbox"/> 3 Vertimiento Directo a la Fuente
	<input type="checkbox"/> 2 Sistema de Alcantarillado	<input type="checkbox"/> 4 Otro ¿Cuál? _____

C3. ¿Ha recibido algún tipo de capacitación con respecto a los siguientes temas?		
Tipo de capacitación	Sí	No
Calidad del agua		
Manejo aguas servidas		
Manejo de aguas grises		
Recolección aguas lluvias		
Otra, ¿cuál?		

C4 ¿Conoce de algún plan, programa de abastecimiento y/o saneamiento que esté o se haya desarrollado en el sector? ___ 1 Sí (Pase a la pregunta C4.1) ___ 2 No (Pase a la pregunta C5)

C4.1 ¿Cuál? _____.

C4.2 ¿Quién lo desarrolló?

___ 1 Municipio ___ 4 Privado
 ___ 2 APR ___ 5 Público
 ___ 3 Junta Comunal ___ 6 Otro ¿Cuál? _____.

C5 ¿Es o ha sido parte en el desarrollo de planes, de abastecimiento y saneamiento del sector?
 ___ 1 Sí, ¿Cuál? _____. (Pase a la pregunta C5.1) ___ 2 No (Pase a la pregunta C6)

C5.1 ¿Considera que ha sido tomado en cuenta para el desarrollo de dicho plan, programa o proyecto?
 ___ 1 Sí ___ 2 No

C6. ¿En su opinión, de quién es la responsabilidad de proveer el agua potable?

___ 1 Municipio ___ 4 Privado
 ___ 2 APR ___ 5 Estado
 ___ 3 Junta Comunal ___ 6 Gobierno Regional
 ___ 7 Otro ¿Cuál? _____.

D. TARIFAS

D1. Para los siguientes meses, ¿Cuánto paga por el agua? (sugerir revisar boletas de meses anteriores)
 Noviembre: Diciembre: Enero: Febrero:

D2. ¿Usted sabe cómo se define la tarifa de cobro de agua?

___ 1 Sí, ¿cómo? _____ ___ 2 No

E. USO CONSCIENTE DE AGUA

E7 ¿Qué tipo de actividades considera usted se deben realizar para proteger el agua en el sector?

___ 1 Protección de cuencas y humedales ___ 4 Utilización de aguas lluvias
 ___ 2 Educación uso racional agua ___ 5 Otro ¿Cuál? _____.
 ___ 3 Tratamiento de aguas residuales

E8. Complete la oración: "Usted considera que el uso racionado y ahorro del agua es:"

___ 1 Muy importante ___ 3 Poco importante
 ___ 2 Medianamente importante ___ 4 No sabe

E9. ¿Está realizando alguna actividad para ahorrar agua en verano?

___ 1 Sí (Pase a la pregunta C9.1) ___ 2 No

E9.1 ¿Qué actividad está realizando para el ahorro del agua?

___ 1 Recolección de aguas lluvias ___ 3 Ocupa mitad de estanque del W.C.
 ___ 2 Consumo acotado del agua

Anexo D. Entrevista utilizada para analizar el manejo del APR ante problemas de abastecimiento y ausencia de saneamiento en Bahía Mansa.

ENTREVISTA: ANÁLISIS DE MANEJO DE APR ANTE PROBLEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN BAHÍA MANSA

<p>A. IDENTIFICACIÓN DEL/LA ENTREVISTADO/A</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nombre del/la entrevistado/a 2. ¿Reside en Bahía Mansa? Si la respuesta es no, mencionar lugar de residencia 3. ¿Cargo que se desempeña? ¿Cuáles son sus principales labores?
<p>B. USO DEL AGUA</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué opina de la administración del agua en su localidad?
<p>C. APR</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué sabe del origen del APR? 2. ¿Conoce del programa a nivel nacional?
<p>D. GESTIÓN</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Considera que existen problemas de abastecimiento de agua potable en la localidad? 2. Si la respuesta anterior es sí, ¿Cuáles son los principales problemas que existen? 3. ¿Cómo cree usted que deberían solucionarse? 4. ¿Cómo aportaría usted para solucionar estos problemas? 5. ¿Qué esperarías usted de los usuarios del APR?
<p>E. APR (Preguntas dirigidas sólo a directiva de APR)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cuáles son los Derechos de Agua asignados al APR? 2. ¿Qué incluye el sistema de captación de agua potable? Solicitar ficha técnica del APR 3. ¿Tiene conocimiento sobre la calidad del agua de los puntos de captación? ¿Estas cumplen la normativa vigente en Chile?
<p>F. NORMATIVA</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué implicancias cree que tendrá la implementación de la Ley 20.998 en su APR?
<p>G. PROBLEMAS DE ESCASEZ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Existe algún tipo de actividad que se esté realizando para mitigar los problemas de escasez en el verano? ¿A qué cree que se atribuyen?
<p>H. TARIFAS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cómo se determinan las tarifas del APR? ¿Bajo qué criterios? 2. ¿Considera que el cobro realizado es pertinente? 3. ¿Bajo qué criterios se define quien puede acceder a subvención de cobro de tarifas? 4. ¿Cómo es su relación con el comité de APR?

Anexo E. Cuadro meteorológico de duración media de día en horas de sol (Ni) para diferentes latitudes. Extraído de Cuadro A2.7 de Manual para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (Allen, R. et al., 2006).

π

Hemisferio Norte												Lat. grad.	Hemisferio Sur											
Ene.	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.		Ene.	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
0.0	6.6	11.0	15.6	21.3	24.0	24.0	17.6	12.8	8.3	2.3	0.0	70	24.0	17.4	13.0	8.4	2.7	0.0	0.0	6.4	11.2	15.7	21.7	24.0
1.1	7.3	11.1	15.3	19.7	24.0	22.3	17.0	12.7	8.7	4.1	0.0	68	21.9	16.7	12.9	8.7	4.3	0.0	1.7	7.0	11.3	15.3	19.9	24.0
3.9	7.8	11.2	14.9	18.7	22.0	20.3	16.4	12.7	9.0	5.2	1.9	66	20.1	16.2	12.8	9.1	5.3	2.0	3.7	7.6	11.3	15.0	18.8	22.1
5.0	8.2	11.2	14.7	17.9	20.3	19.2	16.0	12.6	9.3	6.0	3.7	64	19.0	15.8	12.8	9.3	6.1	3.7	4.8	8.0	11.4	14.7	18.0	20.3
5.7	8.5	11.3	14.4	17.3	19.2	18.4	15.7	12.6	9.5	6.6	4.8	62	18.3	15.5	12.7	9.6	6.7	4.8	5.6	8.3	11.4	14.5	17.4	19.2
6.4	8.8	11.4	14.2	16.8	18.4	17.7	15.3	12.5	9.7	7.1	5.6	60	17.6	15.2	12.6	9.8	7.2	5.6	6.3	8.7	11.5	14.3	16.9	18.4
6.9	9.1	11.4	14.1	16.4	17.8	17.2	15.1	12.5	9.9	7.5	6.2	58	17.1	14.9	12.6	9.9	7.6	6.2	6.8	8.9	11.5	14.1	16.5	17.8
7.3	9.3	11.5	13.9	16.0	17.3	16.8	14.8	12.4	10.1	7.9	6.7	56	16.7	14.7	12.5	10.1	8.0	6.7	7.2	9.2	11.6	13.9	16.1	17.3
7.7	9.5	11.5	13.8	15.7	16.8	16.4	14.6	12.4	10.2	8.2	7.1	54	16.3	14.5	12.5	10.2	8.3	7.2	7.6	9.4	11.6	13.8	15.8	16.9
8.0	9.7	11.5	13.6	15.4	16.5	16.0	14.4	12.4	10.3	8.5	7.5	52	16.0	14.3	12.5	10.4	8.6	7.5	8.0	9.6	11.6	13.7	15.5	16.5
8.3	9.8	11.6	13.5	15.2	16.1	15.7	14.3	12.3	10.4	8.7	7.9	50	15.7	14.2	12.4	10.5	8.8	7.9	8.3	9.7	11.7	13.6	15.3	16.1
8.6	10.0	11.6	13.4	15.0	15.8	15.5	14.1	12.3	10.6	9.0	8.2	48	15.4	14.0	12.4	10.6	9.0	8.2	8.5	9.9	11.7	13.4	15.0	15.8
8.8	10.1	11.6	13.3	14.8	15.5	15.2	14.0	12.3	10.7	9.2	8.5	46	15.2	13.9	12.4	10.7	9.2	8.5	8.8	10.0	11.7	13.3	14.8	15.5
9.1	10.3	11.6	13.2	14.6	15.3	15.0	13.8	12.3	10.7	9.4	8.7	44	14.9	13.7	12.4	10.8	9.4	8.7	9.0	10.2	11.7	13.3	14.6	15.3
9.3	10.4	11.7	13.2	14.4	15.0	14.8	13.7	12.3	10.8	9.6	9.0	42	14.7	13.6	12.3	10.8	9.6	9.0	9.2	10.3	11.7	13.2	14.4	15.0
9.5	10.5	11.7	13.1	14.2	14.8	14.6	13.6	12.2	10.9	9.7	9.2	40	14.5	13.5	12.3	10.9	9.8	9.2	9.4	10.4	11.8	13.1	14.3	14.8
9.6	10.6	11.7	13.0	14.1	14.6	14.4	13.5	12.2	11.0	9.9	9.4	38	14.4	13.4	12.3	11.0	9.9	9.4	9.6	10.5	11.8	13.0	14.1	14.6
9.8	10.7	11.7	12.9	13.9	14.4	14.2	13.4	12.2	11.1	10.1	9.6	36	14.2	13.3	12.3	11.1	10.1	9.6	9.8	10.6	11.8	12.9	13.9	14.4
10.0	10.8	11.8	12.9	13.8	14.3	14.1	13.3	12.2	11.1	10.2	9.7	34	14.0	13.2	12.2	11.1	10.2	9.7	9.9	10.7	11.8	12.9	13.8	14.3
10.1	10.9	11.8	12.8	13.6	14.1	13.9	13.2	12.2	11.2	10.3	9.9	32	13.9	13.1	12.2	11.2	10.4	9.9	10.1	10.8	11.8	12.8	13.7	14.1
10.3	11.0	11.8	12.7	13.5	13.9	13.8	13.1	12.2	11.3	10.5	10.1	30	13.7	13.0	12.2	11.3	10.5	10.1	10.2	10.9	11.8	12.7	13.5	13.9
10.4	11.0	11.8	12.7	13.4	13.8	13.6	13.0	12.2	11.3	10.6	10.2	28	13.6	13.0	12.2	11.3	10.6	10.2	10.4	11.0	11.8	12.7	13.4	13.8
10.5	11.1	11.8	12.6	13.3	13.6	13.5	12.9	12.1	11.4	10.7	10.4	26	13.5	12.9	12.2	11.4	10.7	10.4	10.5	11.1	11.9	12.6	13.3	13.6
10.7	11.2	11.8	12.6	13.2	13.5	13.3	12.8	12.1	11.4	10.8	10.5	24	13.3	12.8	12.2	11.4	10.8	10.5	10.7	11.2	11.9	12.6	13.2	13.5
10.8	11.3	11.9	12.5	13.1	13.3	13.2	12.8	12.1	11.5	10.9	10.7	22	13.2	12.7	12.1	11.5	10.9	10.7	10.8	11.2	11.9	12.5	13.1	13.3
10.9	11.3	11.9	12.5	12.9	13.2	13.1	12.7	12.1	11.5	11.0	10.8	20	13.1	12.7	12.1	11.5	11.1	10.8	10.9	11.3	11.9	12.5	13.0	13.2
11.0	11.4	11.9	12.4	12.8	13.1	13.0	12.6	12.1	11.6	11.1	10.9	18	13.0	12.6	12.1	11.6	11.2	10.9	11.0	11.4	11.9	12.4	12.9	13.1
11.1	11.5	11.9	12.4	12.7	12.9	12.9	12.5	12.1	11.6	11.2	11.1	16	12.9	12.5	12.1	11.6	11.3	11.1	11.1	11.5	11.9	12.4	12.8	12.9
11.3	11.6	11.9	12.3	12.6	12.8	12.8	12.5	12.1	11.7	11.3	11.2	14	12.7	12.4	12.1	11.7	11.4	11.2	11.2	11.5	11.9	12.3	12.7	12.8
11.4	11.6	11.9	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	11.7	11.4	11.3	12	12.6	12.4	12.1	11.7	11.4	11.3	11.4	11.6	11.9	12.3	12.6	12.7
11.5	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6	12.5	12.3	12.1	11.8	11.5	11.4	10	12.5	12.3	12.1	11.8	11.5	11.4	11.5	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6
11.6	11.7	11.9	12.2	12.4	12.5	12.4	12.3	12.0	11.8	11.6	11.5	8	12.4	12.3	12.1	11.8	11.6	11.5	11.6	11.7	12.0	12.2	12.4	12.5
11.7	11.8	12.0	12.1	12.3	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.7	11.7	6	12.3	12.2	12.0	11.9	11.7	11.7	11.7	11.8	12.0	12.1	12.3	12.3
11.8	11.9	12.0	12.1	12.2	12.2	12.2	12.1	12.0	11.9	11.8	11.8	4	12.2	12.1	12.0	11.9	11.8	11.8	11.8	11.9	12.0	12.1	12.2	12.2
11.9	11.9	12.0	12.0	12.1	12.1	12.1	12.0	12.0	11.9	11.9	11.9	2	12.1	12.1	12.0	12.0	11.9	11.9	11.9	11.9	12.0	12.0	12.1	12.1
12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0

¹ Los valores de N durante el día 15^{mo} del mes, proveen una buena estimación (error <1%) de N promediada sobre todos los días del mes. Solamente en casos de latitudes muy elevadas (mayores a 55° N o S) y durante los meses invernales, las desviaciones podrían ser mayores al 1 %.

Anexo F. Derechos de Agua asociados al comité de Agua Potable Rural de Bahía Mansa.

REPUBLICA DE CHILE
 MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
 DIRECCION REGIONAL DE AGUAS
 IX Y X REGIONES
 RFA/caa

M.O.P.
 MINISTERIO GENERAL DE AGUAS
 OFICINA DE PARTES
 RESOLUCION N° 3190V/1986
 Fecha: 17 OCT 1986

REF. : Constituye derecho de aprovechamiento consuntivo de aguas superficiales por 10 lts/seg. en el río Contaco o Tranallahuín, en favor del Servicio Nacional de Obras Sanitarias, provincia de Osorno, X Región.

MINISTERIO DE HACIENDA
 OFICINA DE PARTES

RECIBIDO

SANTIAGO, 17 OCT 1986

Con esta fecha el Director Gral. de Aguas ha resuelto lo que sigue

D.G.A. N° 399 /

VISTOS :

La solicitud del Servicio Nacional de Obras Sanitarias, X Región; el Oficio ORD. N° 263 de fecha 21 de Agosto de 1986 de la Dirección Regional de Aguas IX y X Regiones; lo dispuesto en los artículos 141, inciso final, 149 y 150 del Código de Aguas,

RESUELVO :

1.- Constitúyese derecho de aprovechamiento consuntivo de aguas superficiales, de ejercicio permanente y continuo por 10 lts/seg. en el río Contaco o Tranallahuín, en favor del Servicio Nacional de Obras Sanitarias, SENDOS, provincia de Osorno, X Región.

El río Contaco o Tranallahuín desemboca en el mar.

2.- Las aguas se captarán por elevación mecánica en la ribera izquierda del río Contaco o Tranallahuín, en un punto que ubica a 20 mts. al norte de la bifurcación del camino Osorno Bahía Mansa y Osorno Pucatrihue o a unos 20 mts. aguas abajo de esa bifurcación, y complementando este punto, a unos 7 kms. aguas arriba de la desembocadura de este río al mar.

3.- El titular del derecho de aprovechamiento, en cumplimiento de lo dispuesto en el inciso 2° del artículo 157 del Código de Aguas, deberá remitir a la Dirección General de Aguas, para su conocimiento, informe e inclusión en el Catastro Público de Aguas, el correspondiente proyecto de las obras de bocatoma.

4.- El titular del derecho de aprovechamiento deberá constituir las servidumbres que correspondan.

5.- La presente Resolución se reducirá a escritura pública que suscribirá el interesado y el Sr. Director Regional de Aguas X Región y copia de ella se inscribirá en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces competente. El interesado deberá remitir a esta Dirección General una copia autorizada de dicha inscripción, para los efectos de incorporarla al Catastro Público de Aguas.

CONTRALORIA GENERAL
 TOMA DE RAZON
 21 OCT. 1986
 RECEPCION

DEPART. JURIDICO	
DEPART. T. R. Y REGISTRO	
DEPART. CONTABIL.	
SUB. DEPART. C. CENTRAL	
SUB. DEPART. E. CUENTAS	
SUB. DEPART. C. P. Y BIENES HAC.	
DEPART. AUDITORIA	
DEPART. G.O.P. U. Y T.	
S. DEPART. MUNICIPAL	

REFRENDACION

REF. POR \$

IMP. POR \$

ANOT. POR \$

IMP. POR \$

DEDUC. DTO.

XPT. D-21-3

DEPARTAMENTO DE DERECHOS DE AGUA
 RECIBIDO
 Fecha:

TOMADO RAZON
 30 OCT. 1986
 CONTRALORIA GENERAL

6.- La presente Resolución se registrará en la Dirección General de Aguas, en conformidad a lo dispuesto en el artículo 122 del Código de Aguas.

ANOTESE, TOMESE RAZON Y NOTIFIQUESE

E. L.

EUGENIO LOBO PARBA
DIRECTOR GENERAL DE AGUAS

Es que en el día 10 de octubre de 1986 se
congregaron y firmaron, en
Caracas, Venezuela, el Sr.
D. CARLOS MENZULLA R. y
D. CARLOS LOBO PARBA, en
la Dirección General de Aguas

CONTRALORIA GENERAL	
Departamento de la Vivienda y Muestrismo y Bienes Públicos y Transmisiones	
21 OCT 1986	
RECEPCION	

REPUBLICA DE CHILE
 MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
 DIRECCION GENERAL DE AGUAS
 REGION DE LOS LAGOS
 MGM/FPC/JVR/mdn.



REF.: CONSTITUYE DERECHO DE APROVECHAMIENTO CONSUNTIVO, DE AGUAS SUPERFICIALES Y CORRIENTES, A FAVOR DE COMITE DE AGUA POTABLE RURAL DE BAHIA MANSA, COMUNA DE SAN JUAN DE LA COSTA, PROVINCIA DE OSORNO, Xª REGIÓN.

MINISTERIO DE HACIENDA
 OFICINA DE PARTES

RECIBIDO

CONTRALORIA GENERAL DE LA REPUBLICA
 REGIONAL DE LOS LAGOS

RECONTRALORIA REGIONAL
 TOMA DE RAZON
 06 OCT 2005

RECEPCION

DEPART. JURIDICO	
DEPART. T.R. Y REGISTRO	
DEPART. CONTABIL.	
SUB.DEP. C.CENTRAL	
SUB.DEP. E.CUENTAS	
SUB.DEP. BIENES NAC.	
DEPART. AUDITORIA	
DEPART. V.O.P., y T.	
SUB DEP. MUNICIPAL	

REFRENDACION

REF. POR \$
 IMPUTAC.
 ANOT. POR \$
 IMPUTAC.
 DEDUC. DTO.

Con esta fecha el Director Regional D.G.A. Xª Región ha resuelto lo que sigue:

PUERTO MONTT, 06 OCT 2005
 D.G.A. N° 320

VISTOS: La solicitud de COMITE DE AGUA POTABLE RURAL DE BAHIA MANSA; su nota de fecha 22 de Septiembre de 2005; las Resoluciones D.G.A. N° 781 de 1997, N° 111 de 1998, N° 450 de 2000, N° 417 de 1999; N° 119 de 2002; y lo dispuesto en los Artículos 141, 149 y 150 del Código de Aguas,

RESUELVO

- 1.- Constitúyase a favor de COMITE DE AGUA POTABLE RURAL DE BAHIA MANSA, un derecho de aprovechamiento consuntivo, sobre las aguas superficiales y corrientes de un estero sin nombre, localizado en la comuna de San Juan de la Costa, provincia de Osorno, Xª Región, por los caudales expresados en litros por segundo y modalidades siguientes:

Ejercicio	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Permanente y discontinuo	00	00	00	00	00	05	00	00	00	00	00	00
Eventual y continuo	17	16	30	30	30	25	30	30	30	30	29	30

El estero sin nombre, vierte sus aguas al mar en el sector de Caleta Mansa.

- 2.- Las aguas se captarán en forma gravitacional y/o mecánica, desde un punto que queda definido por la coordenada U.T.M. (mts) siguiente:

Norte: 5.506.513 y Este: 607.909

La coordenada U.T.M. está referida a la cartografía del I.G.M., escala 1:50.000 "Bahía Mansa", Datum Provisorio Sudamericano de 1956.

- 3.- El titular del derecho de aprovechamiento deberá dejar pasar permanentemente aguas abajo del punto de captación, el caudal necesario para la conservación del equilibrio ecológico del lugar, el que no podrá ser inferior a 0.5 l/s.

ND-1002-1827.-

M. O. P.
 DIRECCION GENERAL DE AGUAS
 OFICINA DE PARTES
 RESOLUCION TRAMITADA
 Fecha: 12 OCT 2005

MICROSYSTEM MOP DGA



DOC

- 4.- El titular del derecho de aprovechamiento deberá solicitar a la Dirección General de Aguas la autorización de construcción de bocatomas, de acuerdo a lo dispuesto en los artículos 151 al 157 del Código de Aguas.
- 5.- El titular del derecho de aprovechamiento deberá constituir las servidumbres que correspondan.
- 6.- El ejercicio del derecho de aprovechamiento de aguas que se constituye en el presente acto, deberá dar cumplimiento en lo que corresponda a las disposiciones de la Ley N°19.300, de Bases del Medio Ambiente.
- 7.- La presente Resolución se reducirá a escritura pública que suscribirán el Representante Legal del interesado y el Sr. Director Regional de la Dirección General de Aguas de la Xª Región y copia de ella se inscribirá en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces competente. El interesado deberá remitir a esta Dirección General copia autorizada de dicha inscripción, para los efectos de incorporarla al Catastro Público de Aguas.
- 8.- La presente Resolución se registrará en la Dirección General de Aguas, en conformidad con lo dispuesto en el artículo 122 del Código de Aguas.

ANOTESE, TOMESE RAZON Y COMUNIQUESE.

~~LUIS ALBERTO MORENO RUBIO~~
INGENIERO CIVIL
DIRECTOR REGIONAL
DIRECCION GENERAL DE AGUAS
M.O.P. Xª REGION

17
SE TOMO RAZON
POR ORDEN DEL CONTRALOR
GENERAL DE LA REPUBLICA
OCT-2005
CONTRALOR REGIONAL
DE LOS LAGOS

REPUBLICA DE CHILE
 MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
 DIRECCION GENERAL DE AGUAS
 REGION DE LOS LAGOS
 MGM/FPC/JVR/mdn.

REVISION
 LEGAL
 D.A.R.H.

REVISION
 TECNICA

DIRECCION GENERAL DE AGUAS
 OFICINA REGIONAL
 Xa REGION
 M.O.P.

REF.: CONSTITUYE DERECHO DE APROVECHAMIENTO CONSUNTIVO, DE AGUAS SUPERFICIALES Y CORRIENTES, A FAVOR DE COMITE DE AGUA POTABLE RURAL DE BAHIA MANSA, COMUNA DE SAN JUAN DE LA COSTA, PROVINCIA DE OSORNO, Xª REGION.

MINISTERIO DE HACIENDA
 OFICINA DE PARTES
 RECIBIDO

Con esta fecha el Director Regional D.G.A. Xª. Región ha resuelto lo que sigue:

CONTRALORIA GENERAL DE LA REPUBLICA

CONTRALORIA REGIONAL
 RECEPCION DE RAZON RAZON

PUERTO MONTT, 06 OCT 2005

D.G.A. N° 321

RECEPCION

VISTOS: La solicitud de COMITE DE AGUA POTABLE RURAL DE BAHIA MANSA; las Resoluciones D.G.A. N° 781 de 1997, N° 111 de 1998, N° 450 de 2000, N° 417 de 1999; N° 119 de 2002; y lo dispuesto en los Artículos 141, 149 y 150 del Código de Aguas,

DEPART. JURIDICO	<input checked="" type="checkbox"/>	UOPT	<input type="checkbox"/>
DEPART. Y REGISTRO	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
DEPART. CONTABIL.	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
SUB.DEP. G.CENTRAL	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
SUB.DEP. E.CUENTAS	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
SUB.DEP. BIENES NAC.	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
DEPART. AUDITORIA	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
DEPART. V.O.P., y T.	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
SUB DEP. MUNICIP.	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

RESUELVO

1.- Constitúyase a favor de COMITE DE AGUA POTABLE RURAL DE BAHIA MANSA, un derecho de aprovechamiento consuntivo, de ejercicio permanente y continuo, por un caudal de 8.0 l/s., sobre las aguas superficiales y corrientes de un estero sin nombre, localizado en la comuna de San Juan de la Costa, provincia de Osorno, Xª Región.

El estero sin nombre, es afluente al mar en el sector de Bahía Mansa.

2.- Las aguas se captarán en forma gravitacional y/o mecánica, desde un punto que queda definido por la coordenada U.T.M. (mts) siguiente:

Norte: 5.507.911 y Este: 607.755

La coordenada U.T.M. está referida a la cartografía del I.G.M., escala 1:50.000 "Bahía Mansa", Datum Provisorio Sudamericano de 1956.

3.- El titular del derecho de aprovechamiento deberá dejar pasar permanentemente aguas abajo del punto de captación, el caudal necesario para la conservación del equilibrio ecológico del lugar, el que no podrá ser inferior a 8.0 l/s.

4.- El titular del derecho de aprovechamiento deberá solicitar a la Dirección General de Aguas la autorización de construcción de bocatomas, de acuerdo a lo dispuesto en los artículos 151 al 157 del Código de Aguas.

REFRENDACION

REF. POR \$
 IMPUTAC.
 ANOT. POR \$
 IMPUTAC.
 DEDUC. DTO.

ND-1002-1831.-

M. O. P.
 DIRECCION GENERAL DE AGUAS
 OFICINA DE PARTES
 RESOLUCION TRAMITADA
 Fecha: 12 OCT 2005

MICROSYSTEM_MOP.DGA



DOC

- 5.- El titular del derecho de aprovechamiento deberá constituir las servidumbres que correspondan.
- 6.- El ejercicio del derecho de aprovechamiento de aguas que se constituye en el presente acto, deberá dar cumplimiento en lo que corresponda a las disposiciones de la Ley N° 19.300, de Bases del Medio Ambiente.
- 7.- La presente Resolución se reducirá a escritura pública, que suscribirán el Representante Legal del interesado y el Sr. Director Regional de la Dirección General de Aguas de la Xª Región y copia de ella se inscribirá en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces competente. El interesado deberá remitir a esta Dirección General copia autorizada de dicha inscripción, para los efectos de incorporarla al Catastro Público de Aguas.
- 8.- La presente Resolución se registrará en la Dirección General de Aguas, en conformidad con lo dispuesto en el artículo 122 del Código de Aguas.

ANOTESE, TOMESE RAZON Y COMUNIQUESE.

LUIS ALBERTO MOYANO RUBIO
INGENIERO CIVIL
DIRECTOR REGIONAL
DIRECCION GENERAL DE AGUAS
M.O.P. Xª REGION



Anexo G. Índice de disimilitud, régimen hidrológico y coeficientes de determinación (R²).

Tabla G-1. Atributos de posibles estaciones candidatas para el relleno de datos fluviométricos de estación “Tranallaguin en Carrico”. Elaborado a partir de base de datos CAMELS-CL.

Estación	Lat [°]	Lon [°]	Á [km ²]	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	Grado intervención humana [-]
Río Futa En Tres Chiflones	-39,97	-73,15	518,4	316,9	130,0	82,8	13,7	3,2	Sedimentarias	5,7	2,6	0,5	-0,8	0,00
Río Llollehue En La Union	-40,27	-73,08	691,0	182,4	98,8	34,2	56,4	2,5	Piroclásticas	5,2	2,7	0,5	-0,7	0,00
Río Pilmaiquen En San Pablo	-40,38	-73,00	2475,4	561,6	113,0	40,0	35,5	8,3	Piroclásticas	7,0	2,6	0,4	-0,6	0,01
Río Rahue Antes Junta Río Negro	-40,63	-73,18	2180,6	388,7	111,8	44,7	38,0	3,9	Piroclásticas	6,4	2,5	0,4	-0,6	0,02
Río Toro En Tegalda	-41,05	-73,38	340,4	162,0	82,4	29,8	63,2	4,7	Sedimentarias	4,1	2,6	0,6	-0,6	0,04
Río Negro En Chahuilco	-40,71	-73,23	2285,7	151,9	84,8	32,8	61,4	4,0	Sedimentarias	4,3	2,6	0,6	-0,6	0,04
Río Forrahue En Aromos	-40,89	-73,13	169,4	134,6	82,2	29,6	66,8	1,4	Sedimentarias	4,9	2,6	0,5	-0,6	0,04
Río Rahue En Forrahue	-40,52	-73,28	5614,2	234,4	92,9	35,0	54,7	3,5	Sedimentarias	5,2	2,6	0,5	-0,6	0,04
Río La Plata Antes Junta Río Hueyusca	-41,00	-73,60	67,2	464,8	205,7	86,9	10,0	3,1	Metamórficas	4,4	2,5	0,6	-0,7	0,04
Río Tranallaguin En Carrico	-40,58	-73,60	413,5	279,0	139,6	77,7	14,5	7,7	Sedimentarias	4,9	2,6	0,5	-0,7	0,04

Tabla G-2. Coeficientes de Pardé de estaciones candidatas para el relleno de datos fluviométricos de estación “Tranallaguin en Carrico”. Elaborado a partir de División de Hidrología y Unidad SIG del División de Estudios y Planificación, DGA y CAMELS-CL.

Estación	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Río Futa En Tres Chiflones	0,41	1,06	2,25	2,27	2,19	1,33	0,95	0,51	0,39	0,24	0,21	0,17
Río Llollehue En La Union	0,30	0,91	1,96	2,68	2,50	1,47	0,91	0,61	0,32	0,20	0,15	0,19
Río Pilmaiquen En San Pablo	0,36	0,69	1,52	1,82	2,47	1,79	1,03	0,65	0,53	0,40	0,32	0,31
Río Rahue Antes Junta Río Negro	0,58	0,85	1,57	1,71	1,52	1,29	1,05	0,94	0,78	0,65	0,51	0,48
Río Toro En Tegalda	0,55	0,91	1,48	1,66	1,85	1,46	0,97	0,86	0,68	0,58	0,50	0,45
Río Negro En Chahuilco	0,26	0,93	2,06	2,33	2,52	1,64	0,94	0,57	0,28	0,19	0,13	0,16
Río Forrahue En Aromos	0,28	1,09	2,53	2,46	2,33	1,35	0,79	0,43	0,17	0,10	0,09	0,12
Río Rahue En Forrahue	0,50	0,83	1,80	1,97	1,89	1,48	0,98	0,80	0,61	0,44	0,37	0,36
Río La Plata Antes Junta Río Hueyusca	0,37	1,24	2,07	2,21	2,30	0,94	0,47	0,57	0,38	0,21	0,27	0,22
Río Tranallaguin En Carrico	0,60	1,08	2,29	2,34	2,12	1,27	1,05	0,75	0,39	0,25	0,22	0,22

Tabla G-3. Índice de disimilitud según atributos seleccionados.

Estación	A1	A2	A3	A4	A5	A7	A8	A9	A10	A11	Índice de disimilitud (S)
Río Futa En Tres Chiflones	0,16	0,18	0,11	0,02	1,32	0,63	0,45	0,48	0,37	0,35	4,95
Río Llollelhue En La Union	0,42	0,78	0,93	0,90	1,52	0,22	1,78	0,03	0,24	0,76	8,71
Río Pilmaiquen En San Pablo	1,22	0,51	0,81	0,45	0,16	1,79	0,54	1,17	1,03	1,24	8,99
Río Rahue Antes Junta Río Negro	0,47	0,53	0,71	0,51	1,11	1,30	0,56	1,00	1,41	1,35	9,62
Río Toro En Tegualda	0,51	1,09	1,03	1,05	0,87	0,75	0,15	0,89	1,04	1,26	9,09
Río Negro En Chahuilco	0,55	1,04	0,96	1,01	1,09	0,54	0,61	0,65	0,86	0,75	8,76
Río Forrahue En Aromos	0,62	1,09	1,03	1,13	1,84	0,08	0,64	0,14	1,15	0,71	9,61
Río Rahue En Forrahue	0,19	0,89	0,92	0,86	1,24	0,25	0,32	0,20	1,09	0,82	7,53
Río La Plata Antes Junta Río Hueyusca	0,80	1,26	0,20	0,10	1,35	0,52	0,34	0,52	0,07	0,81	6,81
Río Tranallaguin En Carrico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla G-4. Coeficiente de determinación de estaciones candidatas.

R ²	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
E1	1,00	0,83	0,77	0,81	0,79	0,70	0,85	0,81	0,77	0,84
E2	0,83	1,00	0,78	0,84	0,89	0,86	0,93	0,82	0,53	0,77
E3	0,77	0,78	1,00	0,93	0,77	0,71	0,75	0,91	0,57	0,80
E4	0,81	0,84	0,93	1,00	0,89	0,91	0,85	0,94	0,69	0,79
E5	0,79	0,89	0,77	0,89	1,00	0,79	0,86	0,92	0,72	0,82
E6	0,70	0,86	0,71	0,91	0,79	1,00	0,83	0,82	0,74	0,69
E7	0,85	0,93	0,75	0,85	0,86	0,83	1,00	0,88	0,78	0,89
E8	0,81	0,82	0,91	0,94	0,92	0,82	0,88	1,00	0,67	0,84
E9	0,77	0,53	0,57	0,69	0,72	0,74	0,78	0,67	1,00	0,83
E10	0,84	0,77	0,80	0,79	0,82	0,69	0,89	0,84	0,83	1,00

Donde las estaciones son E1: Futa en Tres Chiflones, E2: Llollelhue en La Union, E3: Pilmaiquen en San Pablo, E4: Rahue antes junta Negro, E5: Toro en Tegualda, E6: Negro en Chahuilco, E7: Forrahue en Aromos, E8: Rahue en Forrahue, E9: La Plata antes junta Hueyusca y E10: Tranallaguin en Carrico.

Anexo H. Balance hídrico en cuencas delimitadas por puntos de captación APR Bahía Mansa.

Tabla H-1. Balance hídrico en [mm] captación APR en estero Sin Nombre período 2000-2018 y 2010-2018.

Mes	Escorrentía		Precipitación		Evapotranspiración		Cambio almacenamiento	
	2000-2018	2010-2018	2000-2018	2010-2018	2000-2018	2010-2018	2000-2018	2010-2018
Abr	40,4	39,6	338,7	338,9	64,7	63,1	233,6	236,1
May	64,4	64,4	402,4	348,5	17,0	20,4	321,1	263,7
Jun	143,4	128,8	364,3	322,5	6,7	6,6	214,2	187,1
Jul	203,1	183,3	362,4	413,2	8,0	8,3	151,3	221,7
Ago	219,6	219,6	203,9	203,3	20,3	20,3	-36,1	-36,7
Sep	108,6	102,8	180,0	163,5	62,3	70,4	9,1	-9,7
Oct	58,2	43,2	129,7	113,6	124,4	128,3	-53,0	-57,9
Nov	59,7	52,6	116,3	119,0	149,5	151,7	-92,9	-85,2
Dic	32,1	30,1	90,9	77,8	148,0	165,6	-89,2	-117,8
Ene	23,4	22,4	88,0	102,7	157,3	140,5	-92,8	-60,2
Feb	13,1	12,1	127,4	117,8	121,6	102,5	-7,2	3,3
Mar	17,5	14,7	197,4	176,6	147,8	143,8	32,2	18,1

Tabla H-2. Balance hídrico en [mm] captación APR en río Tranallaguin período 2000-2018 y 2010-2018.

Mes	Escorrentía		Precipitación		Evapotranspiración		Cambio almacenamiento	
	2000-2018	2010-2018	2000-2018	2010-2018	2000-2018	2010-2018	2000-2018	2010-2018
Abr	40,4	35,5	347,6	347,9	47,5	47,9	259,7	264,5
May	66,9	66,9	417,2	361,7	10,9	13,0	339,4	281,8
Jun	149,5	119,4	381,1	336,2	5,3	4,8	226,2	212,0
Jul	210,4	178,4	380,4	434,1	8,1	8,9	161,9	246,8
Ago	232,8	198,8	210,5	209,5	24,6	24,1	-46,9	-13,5
Sep	117,4	117,4	190,8	172,5	71,3	76,9	2,2	-21,8
Oct	63,3	63,3	136,9	120,0	139,4	142,9	-65,8	-86,3
Nov	62,3	60,8	119,9	123,8	167,5	167,6	-109,9	-104,7
Dic	28,5	28,5	92,2	79,3	165,7	192,8	-102,0	-141,9
Ene	23,2	18,2	89,7	104,8	160,5	145,3	-93,9	-58,7
Feb	12,8	12,8	127,3	117,8	117,0	99,6	-2,6	5,3
Mar	18,2	18,2	198,4	177,2	117,1	116,9	63,1	42,1

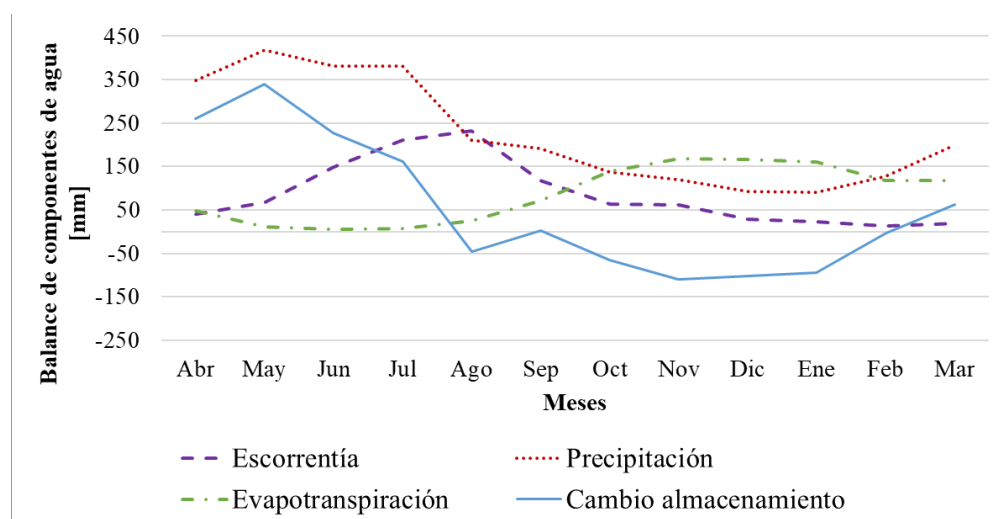


Figura H-1. Diagrama de Wundt en [mm] captación APR en río Tranallaguin período 2000-2018.

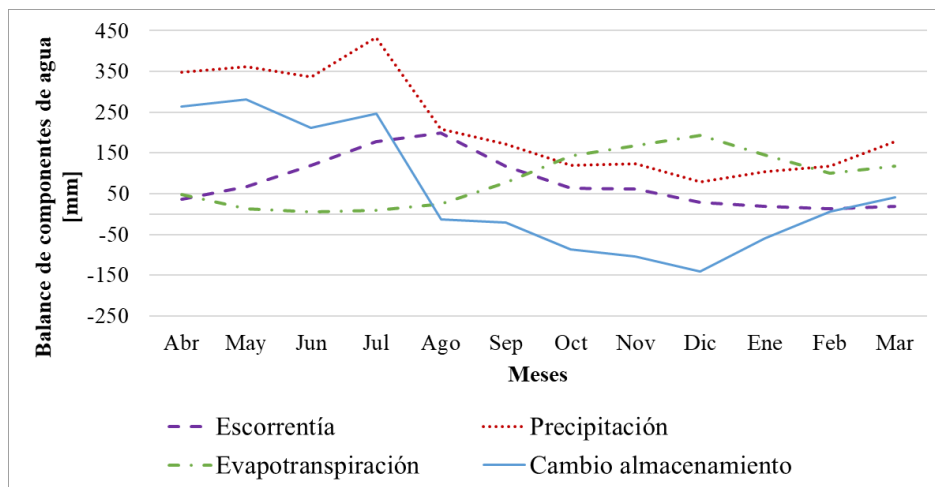


Figura H-2. Diagrama de Wundt en [mm] captación APR en río Tranallaguin período 2010-2018.

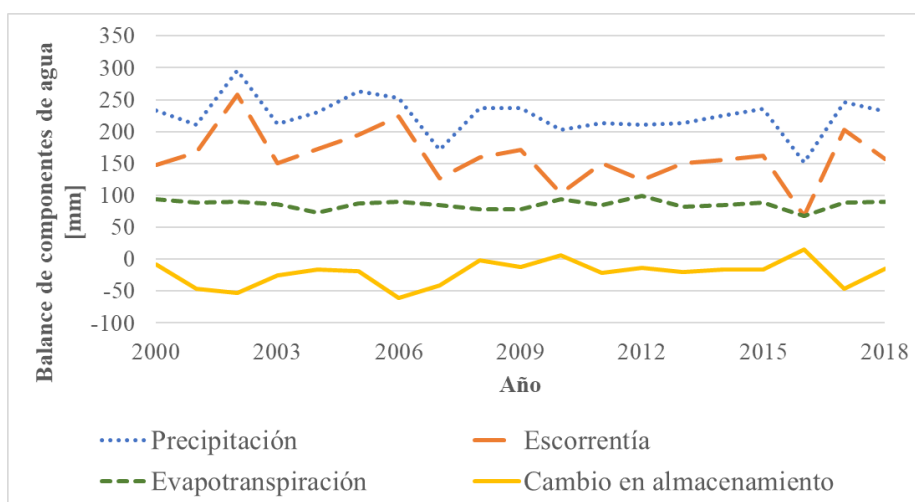


Figura H-3. Variación anual [mm] captación APR en río Tranallaguin período 2000-2018.

Anexo I. Demanda y usos de agua por muestra de usuarios encuestada.

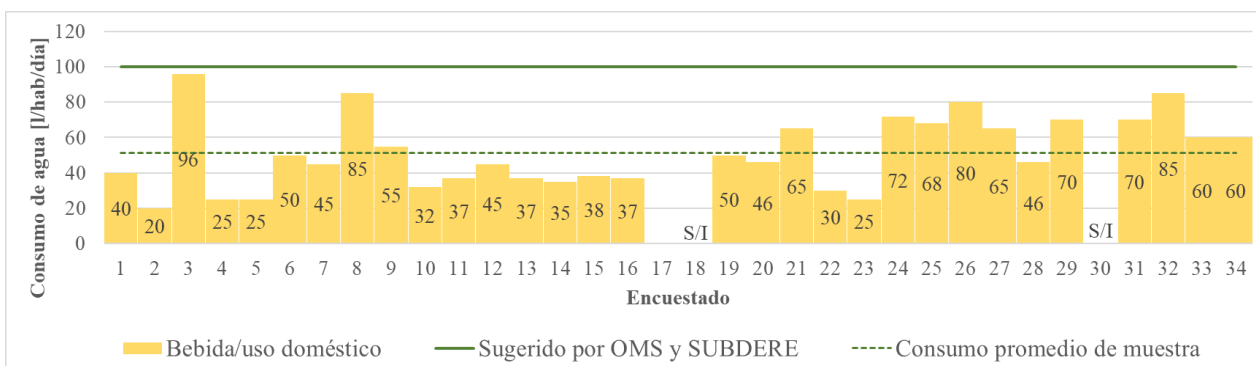


Figura I-1. Uso de agua en periodo estival para consumo humano y uso doméstico señalado por usuarios de APR Bahía Mansa [l/hab/d].

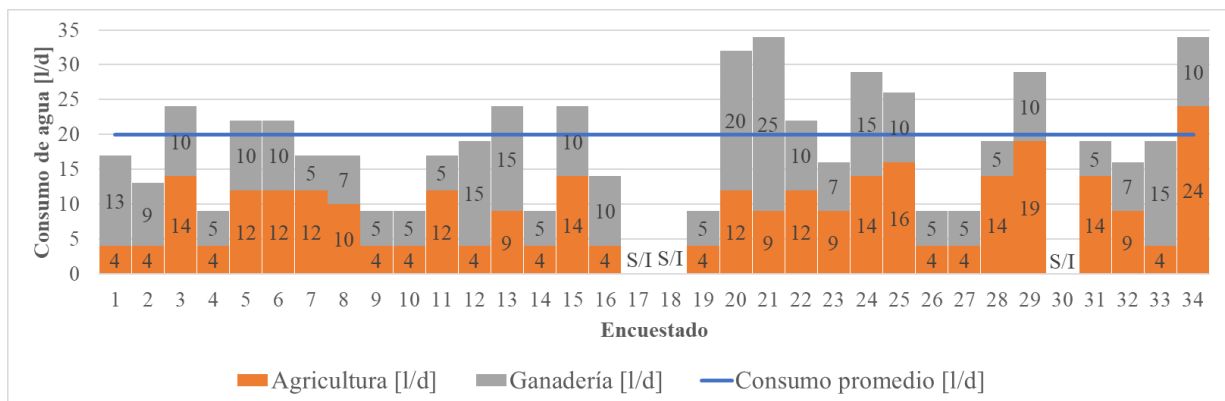


Figura I-2. Uso de agua, por vivienda, en periodo estival para ganadería y agricultura señalado por usuarios de APR Bahía Mansa [l/d].

Anexo J. Informes de Calidad del Agua asociados al APR Bahía Mansa.



LABORATORIO SALUD PÚBLICA OSORNO INFORME DE ENSAYO

Página 1 de 1

Fecha de elaboración del informe 07-02-2020 N° Informe: 122-2020

ANTECEDENTES DE LA MUESTRA

N° folio acta de muestreo 12059
 Comprobante de pago NRO: 20S1009-138
 Dirección punto de muestreo Comité de agua potable rural Bahía Mansa Costanera S/N
 Comuna San Juan de la Costa
 Identificación de la muestra Red
 Unidad Particular
 Nombre fiscalizador Muestreado por el Interesado
 Fecha de muestreo 03-02-2020
 Hora de muestreo 7:15
 Temperatura de muestreo Sin Información
 Cloro libre residual mg/l Sin Información
 Clave 16.3 X

ANTECEDENTES DE RECEPCIÓN:

N° de la muestra 122
 Fecha de recepción 03-02-2020
 Hora de recepción 8:50
 Temperatura de recepción 5,6°C
 Observaciones recepción ---

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Ensayo	Resultado	Fecha de análisis	Límite permitido
COLIFORMES TOTALES ger/100 ml	< 1,8	05-02-2020	*
<i>Escherichia coli</i> ger/100 ml	AUSENCIA	05-02-2020	AUSENCIA (<1)

Método número más probable NMP. Bacteriological Analytical, manual online, enero 2001.

* De acuerdo a lo descrito en NCh409. Requisitos de agua potable

Nota: Los resultados informados sólo representan a las muestras ensayadas.

OBSERVACIONES

ESTE INFORME NO CONSTITUYE AUTORIZACIÓN SANITARIA Y CORRESPONDE SÓLO AL RESULTADO DE LOS ANÁLISIS REALIZADOS SOBRE LA MUESTRA RECOLECTADA Y TRAÍDA POR EL INTERESADO.

CLAVE: X-16.3: MUESTRAS PARTICULARES DE AGUA CONSUMO HUMANO

LABORATORIO PERTENECIENTE A LA RED NACIONAL DE LABORATORIOS DE SALUD PÚBLICA COORDINADOS Y SUPERVISADOS POR EL INSTITUTO DE SALUD PÚBLICA DE CHILE



T.M.LIC. BANGUELICHA SEQUEL BACHIOGLU
 JEFA LABORATORIO SALUD PÚBLICA OSORNO

LABORATORIO SALUD PÚBLICA OSORNO

Inés de Suárez N° 1001 – Osorno – Teléfono 642567626

Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente informe de ensayos sin la aprobación explícita y escrita del Laboratorio. Este documento será oficial y válido sólo con firma y timbre autorizado



Cooprinsem
Laboratorio de Diagnóstico
Fono: 64-2254269 Fax: 254256
Freire 980 - Osorno



SISTEMA NACIONAL DE ACREDITACION
INN - CHILE
Acreditado por INN, NCh-ISO 17025
Acreditaciones LE 820, LE 821
Fecha Informe: 20/12/2018
N° Folio: 15576
N° Examen: 1

LABORATORIO DE AGUA R-O-03

INFORME DE RESULTADO ANALISIS DE AGUA

Cliente:	Comité Agua Potable Bahía Mansa	Identificación de la Muestra:	Llave
Rut:	71667300-6	Fecha Muestreo:	13/12/2018 Hora 08:15
Dirección:	Bahía Mansa S/N	Lugar Muestreo:	Llave
Comuna:	San Juan de la Costa	Fuente de Captación:	Potable
Predio:		Muestreado por:	Cliente
Rup:		Fecha Recepción:	13/12/2018 Hora: 11:05:00
Solicitante:	Carmen Cumilef	Tiempo de almacenamiento:	3h. 15m.
Sucursal:	Osorno		

Parámetros Microbiológicos

Análisis	Límite Detección	Resultado	Unidad	Metodología	Fecha Inicio An:
Coliformes Fecales		<1.8	NMP/100ml	S.Methods Ed.2012 -9221B y 9221E	13/12/2018 (11:30)
Coliformes Totales (Col)		920.8	NMP/100ml	NCh . 3437:2016	13/12/2018 (11:30)
Escherichia coli (Col)		<1	NMP/100ml	NCh . 3437:2016	13/12/2018 (11:30)

Parámetros Físico - Químicos

Análisis	Límite Detección	Resultado	Unidad	Metodología	Fecha Análisis
Turbidez	0.05	0.85	NTU	ME-03-2007 - SISS.	13/12/2018 (11:15)
Hierro	40	330	µg/L	D-O-24 Método Hach	13/12/2018 (11:20)
Manganeso	0.01	<0.01	mg/L	D-O-31 Método Hach	13/12/2018 (11:20)

Resultados válidos sólo para las muestras analizadas.
La muestra fué tomada por el Cliente quien se responsabiliza por la correcta preservación e identificación de ella.

Observación: Resultado Microbiológico <1= Ausente, <1.8= Ausente. Sin control de temperatura, se aprecia muestra refrigerada.



Jefe Laboratorio

Bernardino Leal



Laboratorio de Diagnóstico
Fono: 64-2254269 Fax: 254256
Freire 980 - Osorno

SISTEMA NACIONAL DE ACREDITACION
INN - CHILE
Acreditado por INN, NCh-ISO 17025
Acreditaciones LE 820, LE 821
Fecha Informe: 15/01/2021
N° Folio: 20724
N° Examen: 1

R-O-03

INFORME DE RESULTADO ANALISIS DE AGUA

Cliente: Maria José Chacón Zenteno Rut : 19113660-8 Dirección: Pasaje Chaihuín Comuna: Bahía Mansa Predio: Rup: Solicitante: Sucursal:	Identificación de la Muestra: Captación Fecha Muestreo: 13/01/2021 Hora 10:15 Lugar Muestreo : Captación Bahía Mansa Fuente de Captación: Potable Muestreado por: Cliente Fecha Recepción: 13/01/2021 Hora:13:50:00 Tiempo de almacenamiento : 5 h. 5 m.
---	--

Parámetros Microbiológicos

Análisis	Límite Detección	Resultado	Unidad	Metodología	Fecha Inicio Análisis
Coliformes Totales (Col)		<1	NMP/100ml	NCh . 3437:2016	13/01/2021 (15:20 Hr.)
Escherichia coli (Col)		<1	NMP/100ml	NCh . 3437:2016	13/01/2021 (15:20 Hr.)

Parámetros Físico - Químicos

Análisis	Límite Detección	Resultado	Unidad	Metodología	Fecha Análisis
pH (Laboratorio)	-	8.41	Unidad pH 25°C	ME-29-2007 - SISS.	13/01/2021 (15:45 Hr.)
Conductividad	-	59.0	µS cm-1 a 25°C	S.Methods Ed.2012-2510B	13/01/2021 (15:45 Hr.)
Turbidez	0.05	1.3	NTU	ME-03-2007 - SISS.	13/01/2021 (15:45 Hr.)
Cloro Libre (*)	-	1.69	mg/L	Método Hach 8021	13/01/2021 (15:50 Hr.)
Manganeso	0.01	0.122	mg/L	D-O-31 Método Hach	13/01/2021 (16:15 Hr.)
Hierro	0.04	0.84	mg/L	D-O-24 Método Hach	13/01/2021 (16:00 Hr.)

Resultados válidos sólo para las muestras analizadas.
La muestra fué tomada por el Cliente quien se responsabiliza por la correcta preservación e identificación de ella.

Observación: Resultado microbiológico <1 = Ausente. (*) = Análisis en proceso de acreditación.



Ricardo Lobos

Jefe Laboratorio

Página : 1 de 1

Este informe no debe ser reproducido total o parcialmente sin previa aprobación por escrito de este laboratorio.

FV. 20/10/2016 V1



Laboratorio de Diagnóstico
Fono: 64-2254269 Fax: 254256
Freire 980 - Osorno

SISTEMA NACIONAL DE ACREDITACION
INN - CHILE
Acreditado por INN, NCh-ISO 17025
Acreditaciones LE 820, LE 821
Fecha Informe: 15/01/2021
N° Folio: 20723
N° Examen: 1

R-O-03

INFORME DE RESULTADO ANALISIS DE AGUA

Cliente: Maria José Chacón Zenteno	Identificación de la Muestra: Llave de Agua
Rut: 19113660-8	Fecha Muestreo: 13/01/2021 Hora 10:45
Dirección: Pasaje Chaihuin	Lugar Muestreo: Llave de Agua Bahía Mansa
Comuna: Bahía Mansa	Fuente de Captación: Potable
Predio:	Muestreado por: Cliente
Rup:	Fecha Recepción: 13/01/2021 Hora: 13:50:00
Solicitante:	Tiempo de almacenamiento: 4 h. 35 m.
Sucursal:	

Parámetros Microbiológicos

Análisis	Límite Detección	Resultado	Unidad	Metodología	Fecha Inicio Análisis
Coliformes Totales (Col)		157.3	NMP/100ml	NCh . 3437:2016	13/01/2021 (15:20 Hr.)
Escherichia coli (Col)		<1	NMP/100ml	NCh . 3437:2016	13/01/2021 (15:20 Hr.)

Parámetros Físico - Químicos

Análisis	Límite Detección	Resultado	Unidad	Metodología	Fecha Análisis
pH (Laboratorio)	-	8.67	Unidad pH 25°C	ME-29-2007 - SISS.	13/01/2021 (15:45 Hr.)
Conductividad	-	57.2	µS cm ⁻¹ a 25°C	S.Methods Ed.2012-2510B	13/01/2021 (15:45 Hr.)
Turbidez	0.05	1.5	NTU	ME-03-2007 - SISS.	13/01/2021 (15:45 Hr.)
Cloro Libre (*)	-	0.03	mg/L	Método Hach 8021	13/01/2021 (15:50 Hr.)
Manganeso	0.01	0.078	mg/L	D-O-31 Método Hach	13/01/2021 (16:15 Hr.)
Hierro	0.04	0.84	mg/L	D-O-24 Método Hach	13/01/2021 (16:00 Hr.)

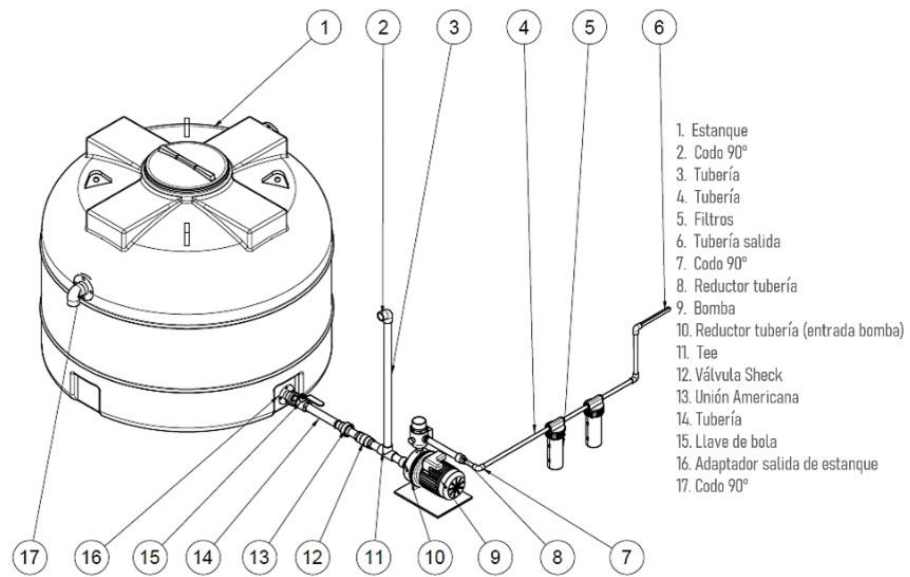
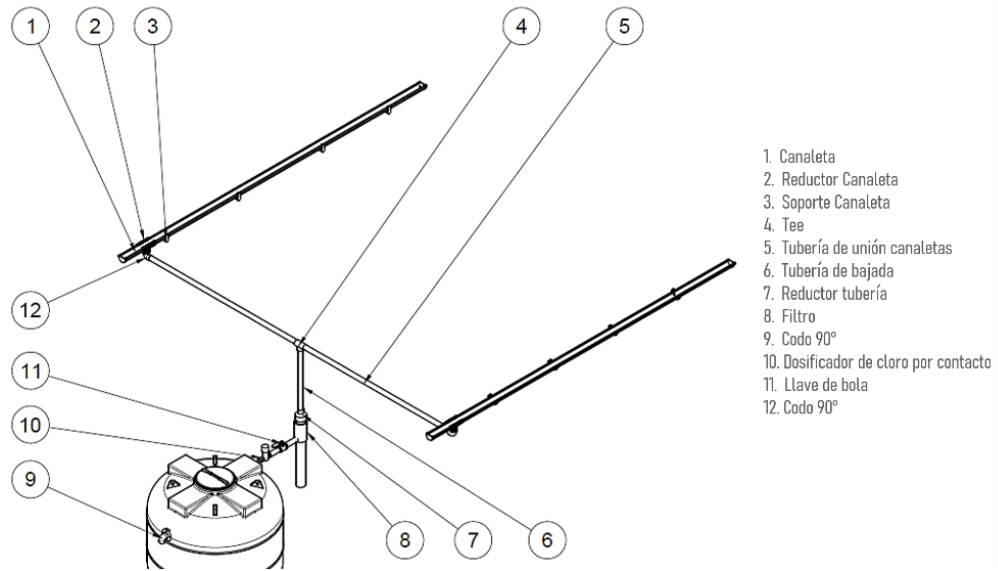
Resultados válidos sólo para las muestras analizadas.
La muestra fue tomada por el Cliente quien se responsabiliza por la correcta preservación e identificación de ella.

Observación: Resultado microbiológico <1 = Ausente. (*) = Análisis en proceso de acreditación.



Benedicto Loib
Jefe Laboratorio

Anexo K. Detalle de diseño de sistema de captación de aguas lluvias. Elaborado con software Fusion 360 Autodesk.



Anexo L. Presupuesto de sistema de captación de aguas lluvias.

N°	Nombre producto	Cant.	Precio unitario	Precio total	Empresa	Ref.
EQUIPOS						
1	Bomba periferica 0,5 HP Calpeda	1	\$ 65.540	\$ 65.540	Sodimac	Link
2	Controlador electrónico de presion Bestflow	1	\$ 27.490	\$ 27.490	Sodimac	Link
3	Dosificador de cloro automático por contacto VALAC, mod. VLC/09/50-63	1	\$ 40.000	\$ 40.000	Valac	Link
4	Kit de filtrado ll-ccff Vieplus	1	\$ 44.685	\$ 44.685	Sodimac	Link
5	Filtro Impluvia	1	\$ 40.000	\$ 40.000	Impluvia	Link
FIJACIONES Y ACCESORÍOS						
1	Válvula de bola 50 mm PVC Nm duke	1	\$ 16.040	\$ 16.040	Sodimac	Link
2	Codo 87,5 H-H P25 terracota Vinilit	3	\$ 7.770	\$ 23.310	Sodimac	Link
3	Tee PVC para cementar 1/2" 50 mm Tigre	1	\$ 1.540	\$ 1.540	Sodimac	Link
4	Válvula de bola 32 mm PVC Nm Duke	2	\$ 8.460	\$ 16.920	Sodimac	Link
5	Salida estanque para cementar 1/2"x50 mm Tigre	1	\$ 3.460	\$ 3.460	Sodimac	Link
6	Terminal PVC para cementar 1" 32 mm Tigre	1	\$ 990	\$ 990	Sodimac	Link
7	Unión americana para cementar 32 mm Tigre	1	\$ 3.290	\$ 3.290	Sodimac	Link
8	Terminal SO-HE 1 X 3/4 AGUA TAUMM cod 081454000-T	4	\$ 5.100	\$ 20.400	Hidrocentro	Link
9	Válvula check con resorte unión americana HI-HI	1	\$ 5.597	\$ 5.597	Vinilit	Link
10	Tee de pvc 32 mm soldar Hoffens	1	\$ 280	\$ 280	Easy	Link
11	Codo 90° 32 mm soldar Hoffens	1	\$ 260	\$ 260	Easy	Link
12	Buje reducción largo PVC cementar	1	\$ 1.500	\$ 1.500	Hidrosoluciones	Link
13	Codo PVC para cementar 25 mm Tigre	3	\$ 2.700	\$ 8.100	Sodimac	Link
14	Salida Estanque Pvc Presion 50 mm	2	\$ 5.450	\$ 10.900	Socodima	Link
15	Gancho fijación canaleta PVC blanco Duratec-Vinilit	8	\$ 890	\$ 7.120	Sodimac	Link
16	Tornillo techo 2 1/2" bolsa 100 unidades Arar	1	\$ 10.440	\$ 10.440	Easy	Link
CANALETAS						
1	Canaleta PVC blanco 4 m Duratec-Vinilit	3	\$ 6.000	\$ 18.000	Sodimac	Link
2	Bajada PVC blanco Duratec-Vinilit	2	\$ 3.290	\$ 6.580	Sodimac	Link
3	Tapa canaleta universal blanca P25 Duratec-Vinilit	4	\$ 1.190	\$ 4.760	Sodimac	Link
TUBERÍAS						
1	Tubería hidráulica para cementar 50 mm 6 m Vinilit	2	\$ 6.030	\$ 12.060	Sodimac	Link
2	Tubería hidráulica para cementar 25 mm 3 m Vinilit	3	\$ 1.690	\$ 5.070	Sodimac	Link
3	Tubería hidráulica para cementar 32 mm 6 m Vinilit	1	\$ 4.790	\$ 4.790	Sodimac	Link
4	Tubo PVC sanitaRío para cementar 110 mm 3 m Vinilit	1	\$ 6.940	\$ 6.940	Sodimac	Link
OTROS						
1	Paquete con 12 tabletas de 200 gr HIPOCAL 65 NS	1	\$ 10.000	\$ 10.000	Valac	Link
2	Estanque abierto 1000 L Bioplastic	1	\$ 110.000	\$ 110.000	Bioplastic	Link
3	Comparador colorimétrico CLOR-DETECTOR	1	\$ 25.000	\$ 25.000	Valac	Link
4	Adhesivo para PVC 237 ml Oatey	1	\$ 3.790	\$ 3.790	Sodimac	Link
TOTAL				\$ 554.852		

Anexo M. Presupuesto de sistema de reutilización de aguas grises. Adaptado de Morales (2012) con precios actualizados al 2021.

N°	Nombre producto	Cantidad	Precio unitario	Precio total	Empresa
EQUIPOS					
1	Bomba periférica 0,5 HP Calpeda	1	\$ 65.540	\$ 65.540	SODIMAC
2	Kit hidroneumático 1,5 HP 20l	1	\$ 28.190	\$ 28.190	SODIMAC
3	Filtros Para Agua Contenedor+filtro Malla Lavable 1 9 3/4	1	\$ 29.490	\$ 29.490	TECNOPLAS TIC
FIJACIONES Y ACCESORÍOS					
1	Codos y Tee PVC H. 40 mm	4	\$ 1.630	\$ 6.520	SODIMAC
2	Codo 87,5 H-H P25 terracota Vinilit	4	\$ 7.770	\$ 31.080	SODIMAC
3	Uniones salida estanque PVC-P CEM/HE 32mm x 1" 1u	4	\$ 2.190	\$ 8.760	SODIMAC
4	Unión americana para cementar 32 mm Tigre	2	\$ 3.290	\$ 6.580	SODIMAC
5	Terminal PVC para cementar 1" 32 mm Tigre	4	\$ 990	\$ 3.960	SODIMAC
6	Válvula bola 40 mm	1	\$ 7.140	\$ 7.140	SODIMAC
7	Válvula bola 25 mm	1	\$ 5.340	\$ 5.340	SODIMAC
8	Pegamento PVC, lija	1	\$ 2.990	\$ 2.990	SODIMAC
ÁRIDOS					
1	Arena gruesa kg	1	\$ 920	\$ 920	SODIMAC
2	Arena fina kg	1	\$ 920	\$ 920	SODIMAC
3	Topex hormigón rápido 25 kg	1	\$ 4.990	\$ 4.990	SODIMAC
TUBERÍAS					
1	Tubo PVC-P 40mm x 6m PN-10 Cementar	3	\$ 642	\$ 1.926	SODIMAC
2	Tubería hidráulica para cementar 25 mm 3 m Vinilit	3	\$ 1.690	\$ 5.070	SODIMAC
OTROS					
1	Estanque vertical polietileno 150 l	1	\$ 44.790	\$ 44.790	SODIMAC
2	Estanque abierto 1000 L Bioplastic	1	\$ 110.000	\$ 110.000	BIOPLASTIC
TOTAL				\$ 364.206	

Anexo N. Valor asociado al consumo eléctrico de los equipos necesarios del sistema de captación de aguas lluvias. Elaboración propia a partir de especificaciones técnicas de cada equipo.

Detalle	Valor
Bomba periférica 0,5 HP Calpeda [kWh]	0,37
Controlador electrónico de presión Bestflow [kWh]	1,1
Dosificador de cloro automático por contacto VALAC [kWh]	0,025
Total [kWh]	1,495
Tarifa [\$/kWh] ^(a)	\$ 150

^(b) Tarifa de distribución eléctrica en provincia de Osorno al año 2021.
Disponible en: <https://www.gruposaes.cl/luz-osorno/tarifas-vigentes/>