

DIAGNÓSTICO PARA EL REGADÍO DE LA COMUNA DE RÁNQUIL



RESUMEN EJECUTIVO

JUNIO DE 2022

Diagnóstico para el Regadío de la Comuna de Ránquil

Resumen Ejecutivo

REALIZADO POR:



JUNIO 2022





**Mejor Riego
para Chile**

yo
cuido
el agua

Dirigido por:

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

Equipo participante:

Gastón Valenzuela Lillo

Coordinador de la Unidad de Estudios

Leonardo Pizarro Fuentes

Norberto Werner Sánchez

Coordinador del Estudio

Javiera Herrera Pérez

Especialista Ambiental y Participación Ciudadana

Patricio Espinoza Caniullán

Especialista Área Geomensura

Felipe Salamanca Picón

Especialista Área Legal

Leonardo Machuca Silva

Cristian Navarrete González

Área Agronómica

Elaborado por:

ARRAU INGENIERÍA SpA.

Equipo participante:

Luis Arrau Del Canto

Jefe del Estudio

Francisco Camus

Coordinador del Estudio - Especialista en SIG y Evaluación de Proyectos

Diego Mena Pardo

Especialista Hidráulico

Sandra Pérez Aros

Especialista Hidróloga

María Alegría Calvo

Especialista en Análisis y Evaluación de Recursos Hídricos

Rodrigo Alvear Contreras

Especialista Agrónomo

José Astudillo Henríquez

Especialista en Estudios Agroeconómicos y Desarrollo Agroproductivo

Fernando Valdés Hernández

Abogado Especialista

Patricio Albornoz Briceño

Especialista Geomensor

Pablo Lagos Mella

Autocontrol Topográfico

Claudia Lizana Zapata

Especialista PAC

Catalina Eastman Mendoza

Especialista Ambiental

William Licanqueo Novoa

Ingeniero de Proyecto

Myrna Cortés Paine

Secretaria

Luis Cabrales Lorca

Alarife Autocontrol

Benjamín Espinoza Vásquez

Alarife Autocontrol



**Mejor Riego
para Chile**

yo
cuido
el agua

ÍNDICE DE CONTENIDOS RESUMEN EJECUTIVO

1.	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	5
1.1.	Aspectos Generales	5
1.2.	Objetivos	5
1.2.1.	Objetivo General	5
1.2.2.	Objetivos Específicos	5
2.	DESCRIPCIÓN GENERAL ÁREA DE ESTUDIO	6
3.	ESTUDIO LEGAL	7
4.	ANÁLISIS DEL ÁREA DE ESTUDIO Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	10
4.1.	Introducción	10
4.2.	Proceso de Selección	10
5.	DISEÑO Y ESTIMACIÓN DE COSTOS DE PROYECTOS A NIVEL DE PERFIL	12
5.1.	Criterios y Bases Generales de Diseño	12
5.2.	Proyecto El Galpón y Otros	14
5.3.	Proyecto El Barco y Otros	15
5.4.	Proyecto Centro Cementerio y Otros	17
5.5.	Recomendación Acerca del uso de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas de la I. Municipalidad.	18
5.6.	Proyecto Embalse Ránquil	19
5.7.	Proyecto Embalse Rahuil	21
5.8.	Proyectos Alternativos	23
5.8.1.	Consideraciones de diseño	24
5.8.2.	Proyecto Centro Cementerio	24
5.8.3.	Proyecto Alternativo El Barco	25
5.8.4.	Proyecto Alternativo Embalse Rahuil	28
6.	ANÁLISIS AMBIENTAL, DETERMINACIÓN DE ZONAS DE RESTRICCIÓN AMBIENTAL Y ANÁLISIS DE PERTINENCIA DE INGRESO AL SEIA	31
6.1.	Zonas de Restricción Ambiental	31
6.2.	Análisis de Pertinencia de Ingreso al SEIA	32
6.2.1.	Análisis Legislación Ambiental	32
6.2.2.	Pertinencia de Ingreso	32
6.2.3.	Modalidad de Ingreso: Análisis de los Artículos del 5 al 11 del Reglamento del SEIA	33
6.3.	Costos Ambientales	33

7.	ESTUDIO AGROECONÓMICO	34
7.1.	Caracterización Agroclimática	34
7.1.1.	Descripción Agroclimática del Área de Estudio	34
7.1.2.	Adaptabilidad Climática de los Cultivos	35
7.2.	Situación Actual Agropecuaria	36
7.3.	Situación Con Proyecto	36
8.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	42
8.1.	Introducción	42
8.2.	Resultados	43
9.	PARTICIPACIÓN CIUDADANA	44
10.	PLATAFORMA SIG	45
11.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49

ÍNDICE DE CUADROS RESUMEN EJECUTIVO

Cuadro 5-1: Tasas de riego a utilizar en el estudio	13
Cuadro 5-2: Resumen presupuesto proyecto El Galpón y Otros a precio social	15
Cuadro 5-3: Resumen presupuesto proyecto El Barco y Otros a precio social	16
Cuadro 5-4: Resumen presupuesto proyecto Centro Cementerio y Otros a precio social	17
Cuadro 5-5: Resumen presupuesto proyecto Embalse Ránquil a precio social	21
Cuadro 5-6: Resumen presupuesto proyecto Embalse Rahuil a precio social	22
Cuadro 5-7: Verificación hidráulica tubería matriz 1	25
Cuadro 5-8: Verificación hidráulica	27
Cuadro 5-9: Verificación capacidad tubería matriz	29
Cuadro 6-1 Zonas de Restricción por proyecto	32
Cuadro 6-2: Análisis de pertinencia de ingreso al SEIA	32
Cuadro 6-3: Resumen modalidad de ingreso a SEIA	33
Cuadro 6-4. Costos Ambientales por proyecto (UF)	33
Cuadro 7-1: Resumen estratificación predial proyectos	42
Cuadro 8-1: Beneficios agrícolas a precios sociales	43
Cuadro 8-2: Resultados evaluación económica	44
Cuadro 9-1: Reuniones Etapa 2	45
Cuadro 10-1: Estructura SIG	46

ÍNDICE DE FIGURAS RESUMEN EJECUTIVO

Figura 2-1: Comuna de Ránquil	6
Figura 2-2: Sectorización área de estudio	7
Figura 4-1: Superficies de inundación para 18 sitios de embalse preseleccionados	11
Figura 5-1: Esquema proyecto el galpón y otros	15
Figura 5-2: Esquema proyecto el barco y otros	16
Figura 5-3: Esquema proyecto centro cementerio y otros	18
Figura 5-4: Esquema proyecto embalse Ránquil, red de distribución para 299 ha	19
Figura 5-5: Esquema proyecto embalse Rahuil	23
Figura 5-6: Ubicación proyecto alternativo a El Barco, parcelas experimentales con invernaderos	26
Figura 5-7: Características del proyecto alternativo El Barco	26
Figura 5-8: Área de riego de Rahuil	28
Figura 5-9: Sectores de riego posibles planteados para Rahuil	30
Figura 5-10: Planta proyecto embalse Rahuil alternativo	31
Figura 7-1: Distritos agroclimáticos presentes en el área de estudio	34
Figura 10-1. Disposición de contenidos Panel de Capas	48

ÍNDICE DE GRÁFICOS RESUMEN EJECUTIVO

Gráfico 5-1: Curva de costos de elevación	24
---	----



1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. Aspectos Generales

La Comisión Nacional de Riego (CNR) encargó a la empresa Arrau Ingeniería SpA la elaboración de la iniciativa “Diagnóstico para el Regadío de la Comuna de Ránquil”, cuya fecha de inicio fue el 29 de octubre de 2020.

El estudio tiene como orientación la realización de una propuesta de desarrollo de proyectos de riego en la comuna de Ránquil, en base al uso potencial de los recursos hídricos disponibles en el área de estudio, en concordancia con la información primaria y secundaria que otorgue el contexto territorial, social, económico y ambiental a lo propuesto.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Elaborar un estudio que permita diagnosticar y generar propuestas para el desarrollo del riego en la comuna de Ránquil.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Diagnóstico y recopilación de antecedentes de recursos naturales de la comuna de Ránquil, entre ellos: clima, suelos, hidrología superficial y subterránea, situación de los derechos de agua, medio ambiente y caracterización agropecuaria.
- Estudio legal sobre el DAA de propiedad de I. Municipalidad de Ránquil, pago de patentes y alternativas de transferir el uso o dominio del DAA. Diagnóstico de los DAA presentes en la comuna.
- Realizar una propuesta de alternativas de proyectos de riego para los agricultores de la zona utilizando caudal de 100 l/s en manos de la Municipalidad de Ránquil, considerando posibles cambios en los puntos de captación de las aguas.
- Identificar las fuentes de agua locales, a través del estudio de hidrología e hidrogeología para la identificación de proyectos de riego para las áreas no beneficiadas por las aguas Municipales.
- Realizar un levantamiento de los suelos aptos para el regadío de los agricultores de comuna de Ránquil y una propuesta de cultivos adaptados a tales condiciones.
- Realizar propuestas y generar procedimientos para conformar la futura organización de regantes.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio se desarrolló en la comuna de Ránquil, la que forma parte del secano costero de la región de Ñuble, con una superficie de 248,3 Km² (Ver Figura 2-1).



Figura 2-1: Comuna de Ránquil

Fuente: Elaboración propia.

Para esta iniciativa, la comuna fue dividida en dos macrozonas de análisis (Figura 2-2):

1. Zona 1, donde se proponen alternativas de proyectos de riego utilizando para ello los derechos de aprovechamiento de aguas otorgados por Celulosa Arauco a la Municipalidad de Ránquil, los que corresponden a 100 L/s, de los cuales, ya el municipio ha asignado 4 L/s a agricultores de la zona.
2. Zona 2, en el que se han identificado otras fuentes de agua locales (diferentes a las aportadas por la municipalidad) para proponer proyectos de riego, colectivos, que puedan ser posteriormente financiados a través de la Ley 18.450.

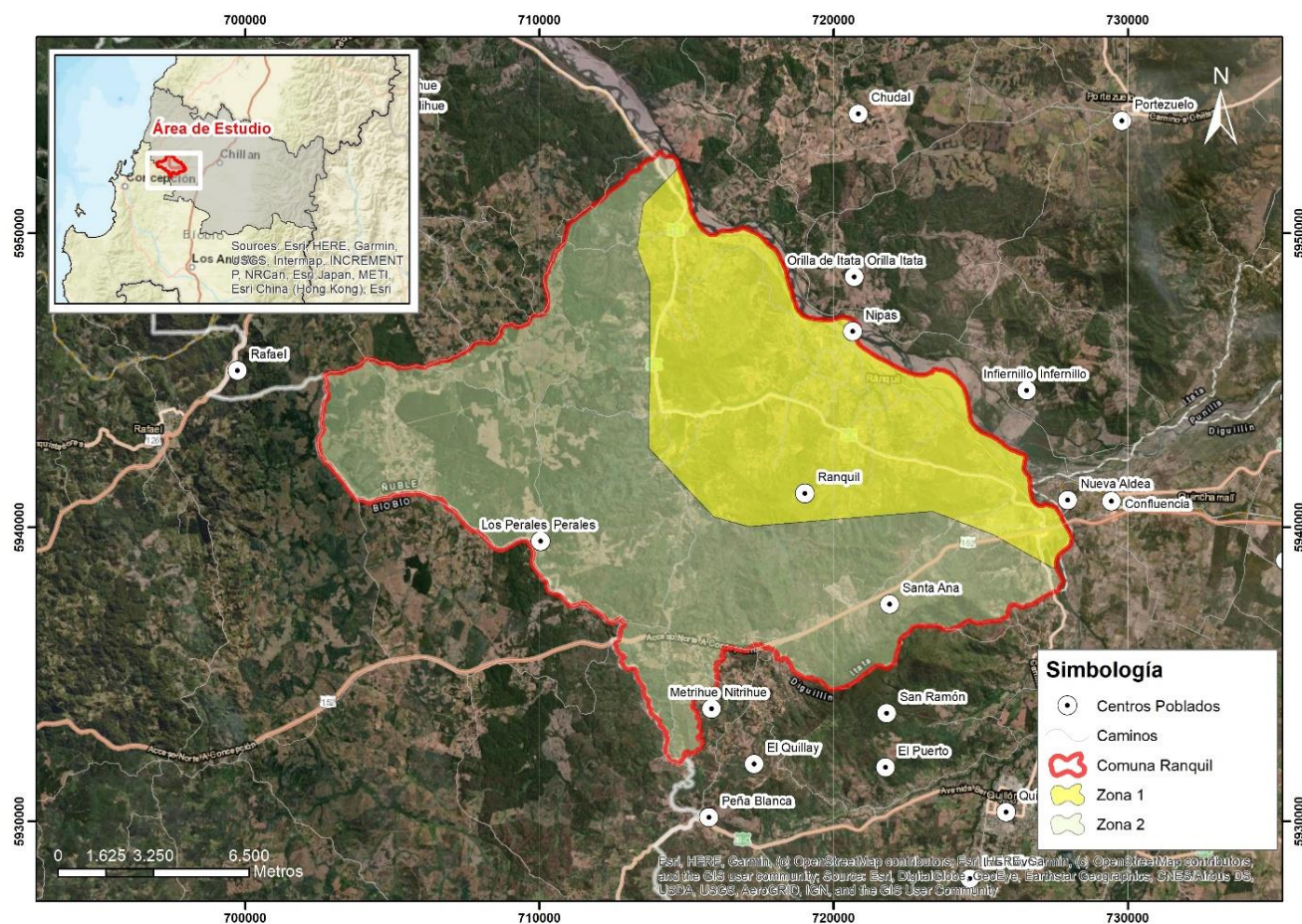


Figura 2-2: Sectorización área de estudio

Fuente: Elaboración propia.

3. ESTUDIO LEGAL

El estudio legal, comenzó con un análisis de la situación actual de los derechos de aprovechamiento de aguas en poder de la I. Municipalidad de Ránquil. Se concluyó que la Municipalidad de Ránquil, adquirió por tradición de Celulosa Arauco y Constitución S.A. un derecho de aprovechamiento consuntivo de ejercicio permanente y continuo, de aguas superficiales y corrientes del Río Itata, por un caudal de 100 litros por segundo, sirviendo de título traslativo de dominio la escritura pública de donación entre vivos, otorgada el 6 de julio de 2005, ante el Notario Público de Chillán don Joaquín Tejos Henríquez. Se omitió consignar en el título inscrito por el Conservador de Bienes Raíces de Coelemu, las características esenciales de permanente y continuo, por lo que está incompleto. Esto impide la anotación del derecho de aprovechamiento de la Municipalidad de Ránquil, en el Registro Público de Derechos de Aprovechamiento de Aguas, que forma parte del Catastro Público de Aguas que lleva la Dirección General de Aguas. Durante la revisión del Registro de Propiedad de Aguas del año 2008, en el oficio del Conservador de Bienes Raíces de Coelemu, se constató que la Municipalidad de Ránquil, transfirió a título gratuito el año 2012 a don Omar Eduardo Vera Arriagada, 2 litros por segundo, del derecho de aprovechamiento de aguas por 100 litros por segundo de su propiedad. Este título, también se encuentra imperfecto.

Bajo estas condiciones, la DGA no recepcionará ninguna solicitud de la Municipalidad de Ránquil, relacionada con su derecho de aprovechamiento, así no podrá obtener autorización para construir bocatomas, ni para trasladar el punto de captación (traslado del ejercicio), o deducir oposiciones a peticiones que formulen terceros que puedan afectar su derecho real etc.

Para salvar la omisión de las características esenciales en el título inscrito, en que incurrió el Conservador de Bienes Raíces, habrá que solicitar que practique una suscripción o anotación marginal a la derecha de la inscripción conservatoria, acorde con el artículo 88 del Reglamento del Registro Conservatorio de Bienes Raíces. Hay formas alternativas de hacerlo, que se mencionan en el informe.

En el Diario Oficial electrónico de 15 de enero de 2021, se publicó la Resolución DGA Exenta N.º 2.662, de 2020, que en su correlativo 4121, establece que la corporación edilicia debe pagar una patente de 80 UTM, por no uso de sus 100 litros por segundo, que corresponden a su derecho de aprovechamiento inscrito a fs.25 N.º 25, del Registro de Propiedad del Conservador de Bienes Raíces de Coelemu del año 2008.

Como la idea de la I. Municipalidad es repartir de alguna forma los derechos entre los regantes Prodesal, será necesario modificar el punto de captación a otro u otros lugares. Debe tenerse presente que, para hacerlo, el derecho necesariamente debe estar inscrito en el Registro Público de Derechos de Aprovechamiento, situación que hoy no acontece, acorde con lo informado por la DGA, el 18 de diciembre de 2020 (art. 122 inc.7.º del Código de Aguas y art. 33 inc. 2º Reglamento del CPA).

Al margen de lo anterior, el estudio legal analiza las diferentes formas de traspasar el derecho de aprovechamiento a terceros, que pueden ser personas naturales o jurídicas. Entre las diferentes formas analizadas, se encuentran las siguientes:

- La Municipalidad de Ránquil Transfiere el Dominio de su Derecho de Aprovechamiento de Aguas. Es posible transferir el derecho de aprovechamiento, mediante la celebración de un contrato de compraventa o a través de una donación entre vivos.
- Venta del Derecho de Aprovechamiento de Aguas de la Municipalidad de Ránquil. Es posible, la Municipalidad de Ránquil puede vender, con carácter excepcional, directamente su derecho de aprovechamiento de aguas, siempre y cuando exista un Decreto supremo fundado del Ministerio de Hacienda. Además, en ese mismo acto administrativo, deben fijarse el procedimiento y las modalidades a que deberá ajustarse la enajenación correspondiente.
- Transferencia Individual con Prohibición de Enajenar (Compraventa). Es posible, la legislación de aguas reconoce el valor de las cláusulas convencionales de no enajenar.
- Donación irrevocable del derecho de aprovechamiento de la Municipalidad de Ránquil. Es posible donar por acto entre vivos y a título singular, en caso de necesidad y utilidad manifiesta, siempre que se relacione con las funciones que la LOCM le encomienda a las entidades edilicias. La donación debe insinuarse y se encuentra afecta al pago de impuesto. Debe otorgarse por

escritura pública e inscribirse el título traslativo (la escritura pública que contiene el contrato) e inscribirse en el Registro de Propiedad del Conservador de Bienes Raíces de Coelemu. Para efectuar la donación irrevocable del derecho real de aprovechamiento, el alcalde requiere el acuerdo del Consejo. El quórum para adoptarlo es la mayoría absoluta (mitad + 1), de los concejales asistentes a la sesión

- ¿La Municipalidad de Ránquil Puede Entregar la mera Tenencia de los Bienes Municipales en Virtud de un Contrato de Comodato? No, es inaceptable jurídicamente que la Municipalidad de Ránquil pueda entregar la mera tenencia de su derecho de aprovechamiento de aguas superficiales en el Río Itata, mediante la celebración de un contrato de comodato, por tratarse de bienes incorpóreos, habida su naturaleza jurídica de derecho real, con que lo define el artículo 6° inciso 1° del Código de Aguas.
- ¿La Municipalidad de Ránquil Puede Entregar la mera Tenencia de los Bienes Municipales en Virtud de un Contrato de usufructo? Si, todas las cosas, muebles, o inmuebles, corporales o incorpóreos y, tantos bienes en su unidad total o en una de sus partes. El usufructuario tiene la obligación de conservar y restituir la cosa al término del usufructo, el cuasi usufructuario en virtud del traspaso de dominio que operó debe restituir a su dueño igual cantidad o calidad del mismo género o de pagar su valor al término del usufructo.

Realizados con todo detalle los análisis anteriores en el texto del informe, se recomienda la figura de donación irrevocable, a una o varias organizaciones de usuarios del agua. Preciado lo anterior, proponemos que la forma de organización de regantes, para el caso en se ha transferido el dominio del derecho de aprovechamiento de la Municipalidad de Ránquil, sea la Comunidad de Aguas organizada por vía extrajudicial. En el texto, se detallan las características y condiciones que se deben cumplir para culminar con la conformación de la Comunidad y traspaso de los derechos vía donación irrevocable. La donación irrevocable es la única forma de adquirir a título gratuito los derechos por acto entre vivos. Ahora bien, teniendo presente que las aguas de los proyectos, se captarán, conducirán y distribuirán por tuberías, lo que procede es la constitución de una organización sobre cauces artificiales.

El estudio legal, concluye con un diagnóstico de la situación de los derechos de agua existentes en la comuna de Ránquil, se entrega una lista con los inscritos, constituidos y regularizados, y otra lista con los que se encuentran actualmente en trámite. No se detectó la existencia de Organizaciones de Usuarios del Agua en la comuna de Ránquil.

4. ANÁLISIS DEL ÁREA DE ESTUDIO Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

4.1. Introducción

Una vez realizado el diagnóstico y analizada la situación general del riego existente en la comuna y sus posibilidades, se definieron las siguientes alternativas posibles para las Zonas 1 y 2 definidas en el estudio:

- | | |
|---------|---|
| Zona 1: | 1. Elevación desde el río Itata
2. Riego desde el embalse Ránquil, u otro.
3. Elevación desde la napa |
| Zona 2: | 1. Construcción de tranques de temporada en quebradas
2. Elevación desde la napa |

4.2. Proceso de Selección

Posteriormente, se descartó la elevación desde la napa, debido a que se encuentra al límite de la sobre explotación, salvo excepciones puntuales que podrían analizarse, por lo que para la zona 1 quedó las posibles elevaciones desde el río Itata, para dar uso a los derechos de agua en poder de la Municipalidad, más la potencial construcción del embalse Ránquil, u otro, el cual por cota y geomorfología podría alcanzar a abastecer prácticamente cualquier sector de la Zona 1. Para la Zona 2, quedó entonces la posibilidad de identificar sitios para embalses de temporada.

Zona 1: Para esta zona, se recorrió toda la ribera del río Itata en su paso por la comuna, identificando agricultores Prodesal que pudiesen agruparse en alguna comunidad para el uso del agua. Finalmente, se identificó a 6 proyectos de elevación como los mejores, seleccionándose finalmente los 3 siguientes:

- El Galpón y Otros, beneficiaría a 14,8 ha correspondientes a 8 predios.
- El Barco y Otros, beneficiaría 14,64 ha correspondientes a 26 predios.
- Cementerio y Otros, beneficiaría a 24 ha, correspondientes a 34 predios.

Al considerar solamente elevación durante el día, con energía solar, la tasa de riego es de 2,5 l/s/ha, por lo que bastan 2 de los 3 proyectos, por ejemplo: El Galpón y Centro Cementerio, para darle uso a derechos de agua que dispone la Municipalidad. Habrá que hacer los ajustes según los requerimientos de los agricultores.

Zona 2:

Para la zona 2, se recorrió toda la cuenca ubicando sitios posibles para tranques, apoyándose en la cartografía disponible a escala 1:1.000. Fue así como se identificó a más de 70 sitios posibles en la

comuna, mediante el análisis de la cartografía levantada, procediéndose a luego a diferentes instancias de selección, quedando 18 para un análisis más de detalle, los que se muestran en la Figura 4-1.

El nuevo proceso de selección tuvo en consideración básicamente los siguientes aspectos:

- Volumen total de acumulación, o tamaño del proyecto
- Área de la cuenca y disponibilidad de recurso hídrico
- Relación agua/muro
- Qué tipo de terrenos se inundan con el lago, o área de inundación
- Beneficiarios: A cuántos y quiénes se beneficia
- Distancia a las superficies de riego
- Riego gravitacional o, en su defecto, elevación requerida
- Interés de los potenciales beneficiarios
- Área potencial de riego
- Inexistencia de problemas ambientales serios e irreversibles

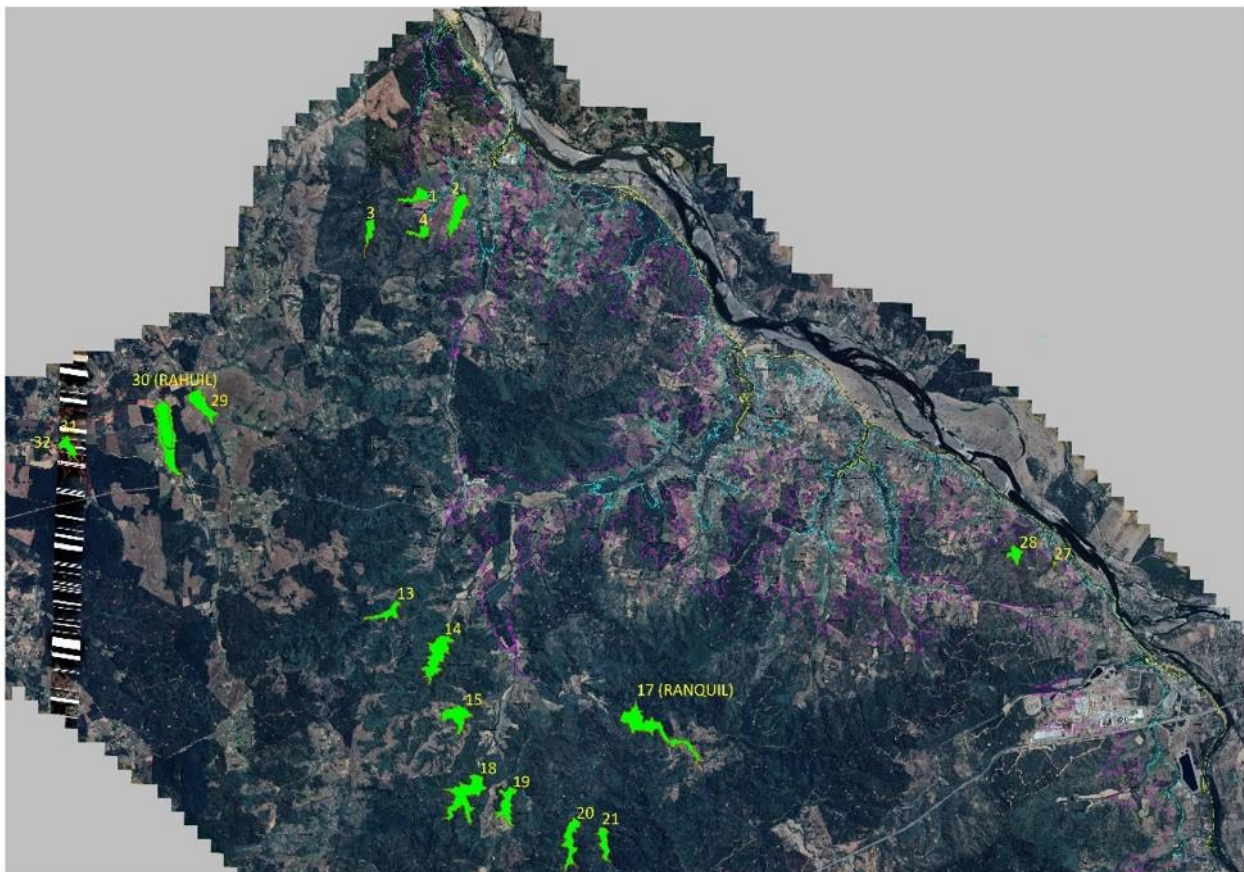


Figura 4-1: Superficies de inundación para 18 sitios de embalse preseleccionados

Fuente: Elaboración propia.

Bajo los procedimientos indicados, se llegó finalmente a priorizar los embalses Ránquil y Rahuil, los que, en la Figura anterior, son los signados con los números 17 y 30, respectivamente.

A continuación, se presentan las características principales de estos embalses. Mayores detalles, en los capítulos de diseño y evaluación.

Proyecto 1.- Embalse Ránquil

Coordenadas WGS84: E 716.946; N 5.940.034

Cota fondo: 108 msnm

Capacidad: 3.800.000 m³ (Es posible llegar a más)

Altura Muro: 42 m

Área de Inundación 28 ha

Longitud Coronamiento: 280 m

Volumen de muro (en tierra): 720.000 m³

Relación agua/muro: 11

Superficie de riego: 500 ha

Proyecto 2.- Embalse Rahuil

Coordenadas WGS84: E 708.565; N 5.945.708

Cota fondo 246 msnm

Capacidad: 1.250.000 m³

Altura Muro: 10 m

Área de Inundación 32 ha

Longitud Coronamiento: 225 m

Volumen de muro (en tierra): 38.000 m³

Relación agua/muro: 38

Superficie de riego: 167 ha

5. DISEÑO Y ESTIMACIÓN DE COSTOS DE PROYECTOS A NIVEL DE PERFIL

El presente capítulo, se refiere al diseño de las obras, que corresponden a los tres proyectos para riego con recursos del río Itata, mediante elevación mecánica en base a energía solar, y dos proyectos de riego para la zona interior, correspondientes a recursos propios de las cuencas regulados por embalses.

Como antecedentes, se tiene que la I. Municipalidad de Ránquil cuenta en la actualidad con 98 L/s, y que el embalse Ránquil cuenta con recursos eventuales por 7 millones de m³ al año. Estos últimos se encuentran en poder del MOP.

5.1. Criterios y Bases Generales de Diseño

Las tasas de riego, fueron determinadas por los estudios agronómicos, y corresponden a las que se entregan en Cuadro 5-1 siguiente.

Cuadro 5-1: Tasas de riego a utilizar en el estudio

MES	ZONA RIBEREÑA		ZONA INTERIOR	
	TASA (m ³ /ha)	TASA (L/S)	TASA (m ³ /ha)	TASA (L/S)
Abril	207	0,08	287	0,111
Mayo	68	0,025	129	0,048
Junio	30	0,011	56	0,022
Julio	29	0,011	54	0,02
Agosto	43	0,016	81	0,03
Septiembre	111	0,043	182	0,07
Octubre	561	0,209	573	0,214
Noviembre	1.199	0,463	1.197	0,462
Diciembre	2.013	0,751	2.050	0,766
Enero	2.420	0,903	2.587	0,966
Febrero	1.715	0,709	1.858	0,768
Marzo	948	0,354	1.006	0,376
TOTAL	9.343		10.061	

Fuente Elaboración propia.

Para fines de la prefactibilidad, se trabajará con la tasa promedio de los 3 meses de demanda máxima en la zona interior, y se multiplicará por 3, dado que se eleva con energía solar solamente 8 horas al día, en promedio. Es decir, la tasa será de 2,5 L/s/ha. Diferente es el caso del embalse Ránquil, que riega todo gravitacionalmente, por lo que puede funcionar las 24 horas. Se usará, en consecuencia, la tasa mensual en m³/ha indicada para la zona interior. Queda así una pequeña holgura para aquellos predios de la zona ribereña. Las tuberías de Ránquil, se diseñarán con la tasa del mes de máxima demanda mensual de riego, considerada en 0,966 l/s/ha, se aproximará a 1 L/s/ha. Las diferentes fuentes consultadas acerca de la evaporación, culminaron con la consideración de 1.371 mm de evaporación anual.

A falta de información fluviométrica suficiente, se procedió a determinar los caudales mensuales en cada cuenca mediante la aplicación de Fórmulas empíricas de relación Precipitación Escorrentía, concluyéndose que la más segura en este caso correspondía a la de Grunsky. Se consideraron las áreas de cuenca de 14,94 km² para Ránquil y de 7,33 km² para Rahuil. Todos los cálculos de detalle de los caudales medios mensuales para 30 años, se entregan en los Anexos 7-4 para Ránquil y 7-5 para Rahuil.

Para calcular las curvas de embalse, se utilizó la cartografía del levantamiento, con diseños de tranques de tierra de taludes H:V=2:1 por aguas arriba y H:V=1,5:1 por aguas abajo. Las curvas de embalse se entregan en Anexo 7-8, y muestran una relación agua muro del orden de 11 para Ránquil y de 38 para Rahuil.

Para los volúmenes muertos, a falta de información local, se hizo uso de las recomendaciones de Walling y Webb, que reportaron un promedio anual de 150 ton/km². A este valor, se le dio un factor de seguridad de 1,5, para absorber las imprecisiones del método.

Con la información anterior, para cada embalse se elaboró un modelo de simulación operacional mensual, con regla de operación multianual y criterios de seguridad conforme a la Ley N° 18.450.

Con respecto a las conducciones, todas ellas, tanto en Zona 1 y Zona 2, se diseñaron en tuberías de HDPE PN10-PE100, enterradas con entregas a través de cámaras, cumpliéndose con creces las características de resistencia y trabajabilidad. Los cálculos de las pérdidas friccionales en ellas se realizaron a través de la metodología de Hazen Williams.

Finalmente, se determinaron los presupuestos aprecios privados y a precios sociales. Los factores para pasar de privado a social, fueron los siguientes:

Tuberías y elementos HDPE:	0,98
Excavaciones a mano:	0,71
Excavaciones con máquina:	0,94
Excavaciones abiertas en roca:	0,87
Escarpes:	0,81
Cama de arena:	0,87
Rellenos:	0,71
Hormigones:	0,92
Aceros estructurales:	0,86
Transporte a Botadero:	0,84
Manejo Botadero:	0,84
Moldajes:	0,86
Inyecciones:	0,87
Geomembrana con Geotextil:	0,87

5.2. Proyecto El Galpón y Otros

Este proyecto de impulsión, fue concebido para beneficiar una superficie de 14,8 ha, pertenecientes a 7 predios. La Figura 5-1, muestra la disposición del proyecto, que eleva las aguas del río Itata a 34 m, con un caudal de 37 L/s.

El costo por hectárea resultante, a precios sociales, alcanza los 15,6 millones de pesos. En el Cuadro 5-2, se presenta un desglose resumen del presupuesto a precio social.

Cuadro 5-2: Resumen presupuesto proyecto El Galpón y Otros a precio social

Ítem	Descripción	Unidad	Cant.	P. U. Social (\$)	P.Total Social (\$)
1	Instalación de Faenas	gl	1	5.400.000	5.400.000
2	Suministro e instalación elevación solar	gl	1	40.345.368	40.345.368
3	Obras Civiles	gl	1	13.820.467	124.742.585
4	Sub Total	\$			170.816.753
5	GG, Utilidades e Imprevistos		35	% (\$)	59.785.864
6	IVA		19	% (\$)	
7	Costo Total	\$			230.602.617

Fuente: Elaboración propia.

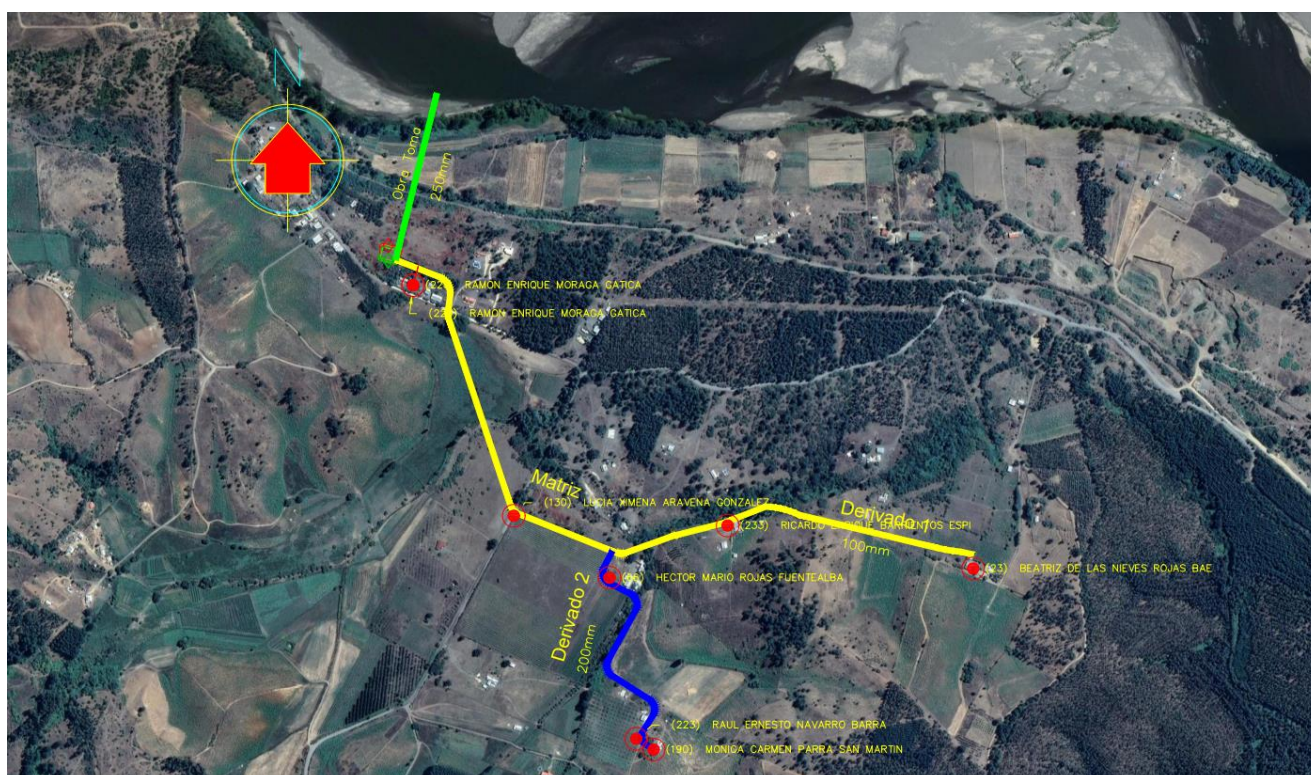


Figura 5-1: Esquema proyecto el galpón y otros

Fuente Elaboración propia.

5.3. Proyecto El Barco y Otros

Este proyecto de impulsión, fue concebido para beneficiar una superficie de 14,64 ha, pertenecientes a 26 predios. Es bastante más social que El Galpón desde este punto de vista, pero los predios se ubican bastante más distanciados. La Figura 5-2, muestra la disposición del proyecto, que eleva las aguas del río Itata a 33 m, con un caudal de 37 L/s.

El presupuesto final ascendió MM\$792,8 a precios privados y MM\$635,6 a precios sociales. En Cuadro 5-3 se desglosa un resumen del presupuesto a precio social.

El costo por hectárea resultante, a precios sociales, alcanza los 43,4 millones de pesos.

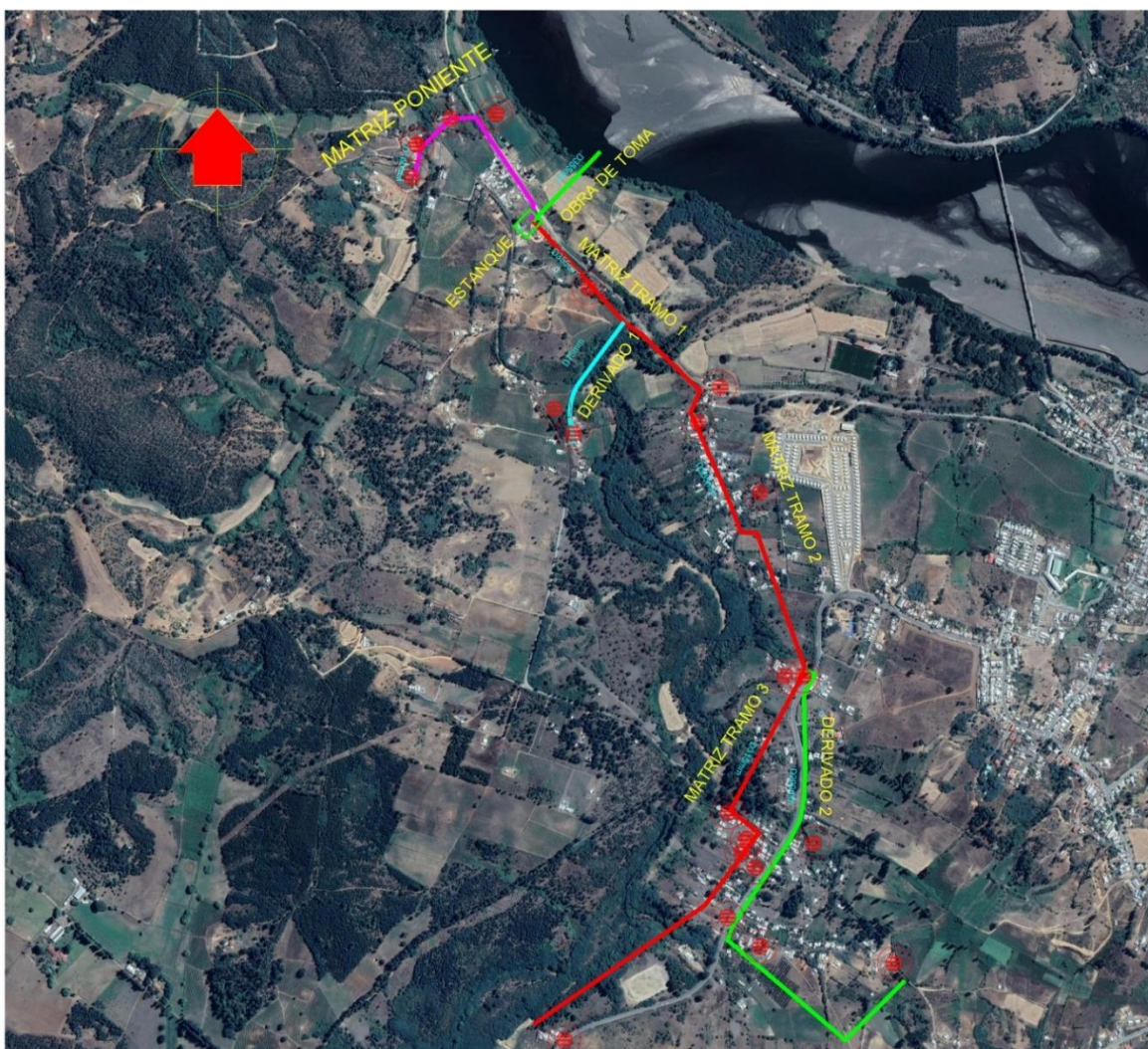


Figura 5-2: Esquema proyecto el barco y otros

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5-3: Resumen presupuesto proyecto El Barco y Otros a precio social

Ítem	Descripción	Unidad	Cant.	P. U. Social (\$)	P.Total Social (\$)
1	Instalación de Faenas	gl	1	5.400.000	5.400.000
2	Suministro e instalación elevación solar	gl	1	47.488.668	47.488.668
3	Obras Civiles	gl	1	24.020.711	417.955.981
4	Sub Total	\$			470.844.649
5	GG, Utilidades e Imprevistos		35	% (\$)	164.795.627
6	IVA		19	% (\$)	
7	Costo Total	\$			635.640.276

Fuente: Elaboración propia.

5.4. Proyecto Centro Cementerio y Otros

Este proyecto de impulsión, fue concebido para beneficiar una superficie de 24 ha, pertenecientes a 34 predios. La Figura 5-3, muestra la disposición del proyecto, que eleva las aguas del río Itata a 51 m, con un caudal de 60 L/s.

El presupuesto final ascendió MM\$1.062,1 a precios privados y MM\$848,5 a precios sociales (Ver Cuadro 5-4).

Finalmente, se destaca que el Matriz 1 de este proyecto, pasa muy cerca de APRs de la comuna, por lo que eventualmente les podría abastecer en forma adicional al riego.

El costo por hectárea resultante, a precios sociales, alcanza los 35 millones de pesos.

Cuadro 5-4: Resumen presupuesto proyecto Centro Cementerio y Otros a precio social

Ítem	Descripción	Unidad	Cant.	P. U. Social (\$)	P.Total Social (\$)
1	Instalación de Faenas	gl	1	5.400.000	5.400.000
2	Suministro e instalación elevación solar	gl	1	88.214.018	112.517.880
3	Obras Civiles	gl	1	27.746.744	509.721.694
4	Sub Total	\$			628.490.366
5	GG, Utilidades e Imprevistos		35	% (\$)	219.971.628
6	IVA		19	% (\$)	
7	Costo Total	\$			848.461.994

Fuente: Elaboración propia.

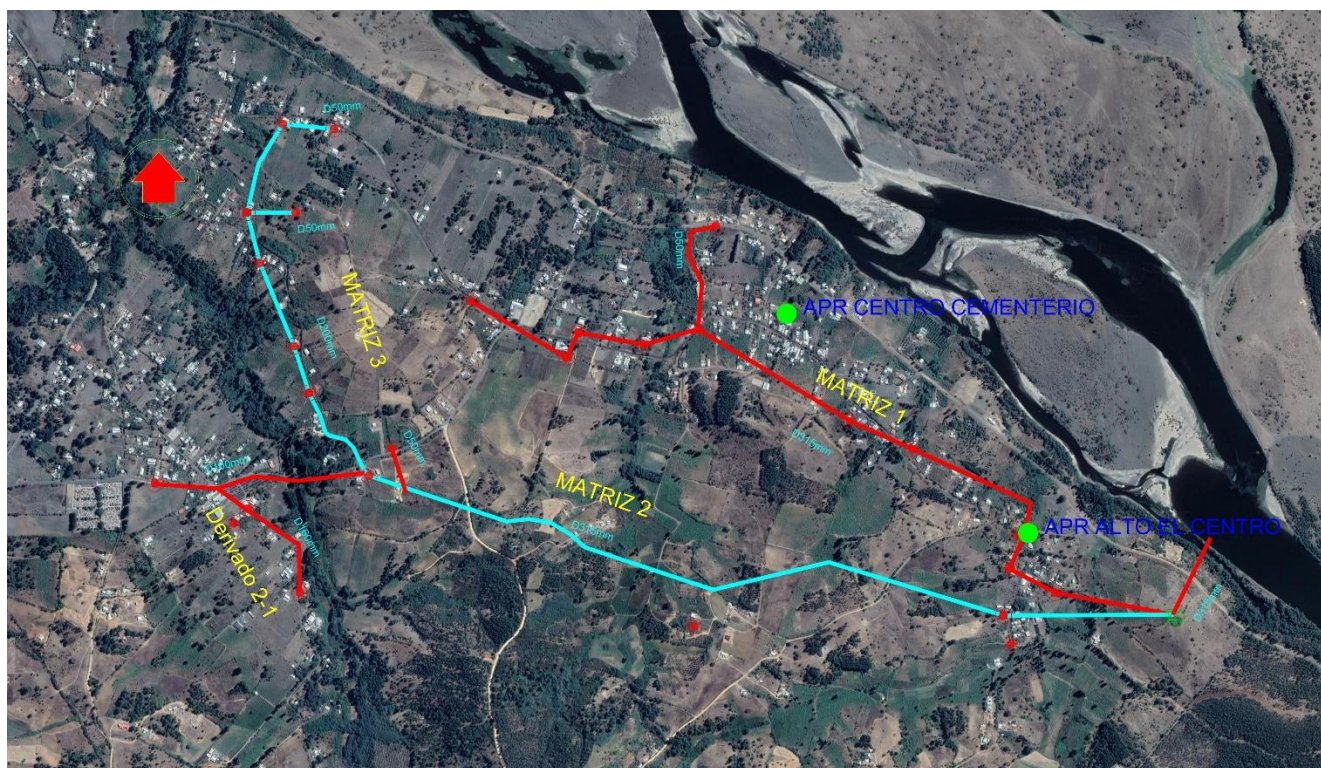


Figura 5-3: Esquema proyecto centro cementerio y otros

Fuente: Elaboración propia.

5.5. Recomendación Acerca del uso de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas de la I. Municipalidad.

Sin considerar las evaluaciones económicas que puedan tener los proyectos, sino que básicamente en los costos por hectárea resultantes, este Consultor recomienda desarrollar el proyecto El Galpón, que consumiría 37 L/s, ya que se aprecia un proyecto que puede ser de base con buenos resultados para otros proyectos futuros.

Además, este Consultor reduciría el Proyecto Centro Cementerio a un tamaño que demande 54 L/s, es decir, se rebajaría la superficie de 24 ha a 21,6 ha. Esto, al margen de lo que se decida realizar con respecto al APR. La forma de rebajar a 21,6 ha, puede ser reduciendo proporcionalmente la superficie de riego de cada predio, o sacando predios del proyecto. El ajuste, ya es materia de detalle una vez que se presenten los proyectos a los agricultores.

En definitiva, una alternativa propuesta para dar uso a los derechos de agua de la I. Municipalidad, es ofrecer los proyectos El Galpón y Centro Cementerio, a un total de 41 predios, con una superficie total de 36,4 ha, es decir, un promedio de 0,89 ha/predio. El costo por hectárea resultante, alcanza los 31,3 millones de pesos, a precios sociales.

Ambos sectores deberían formalizarse como Comunidades de Usuarios de Agua y manejar en conjunto sus respectivas aguas y obras.

5.6. Proyecto Embalse Ránquil

Este proyecto de embalse, es muy antiguo, se ha realizado su análisis en varias ocasiones, se ha hecho prospecciones de terreno en su angostura de ubicación, y se solicitaron sus derechos de agua eventuales sobre el estero Ránquil. Nunca ha resultado rentable, o atractivo económicamente, situación que se ha pensado que puede hoy en día cambiar, debido a varios factores, a saber: mejores tecnologías para cultivar, menores costos relativos de las obras debido a nuevas tecnologías constructivas y, por, sobre todo, el valor del agua, que es cada día más escasa.

Además, su ubicación le permite llegar con agua gravitacionalmente a gran parte de la comuna, incluida toda la Zona 1, cercana al río Itata. La posibilidad de usar tuberías de HDPE para conducir el agua, le permite ahorrar grandes distancias de conducción, y no perder aguas por evaporación o infiltración.

Se elaboró entonces, un diseño para abastecer potenciales beneficiarios de Prodesal, llegándose a diseñar un sistema de distribución para 299 ha.

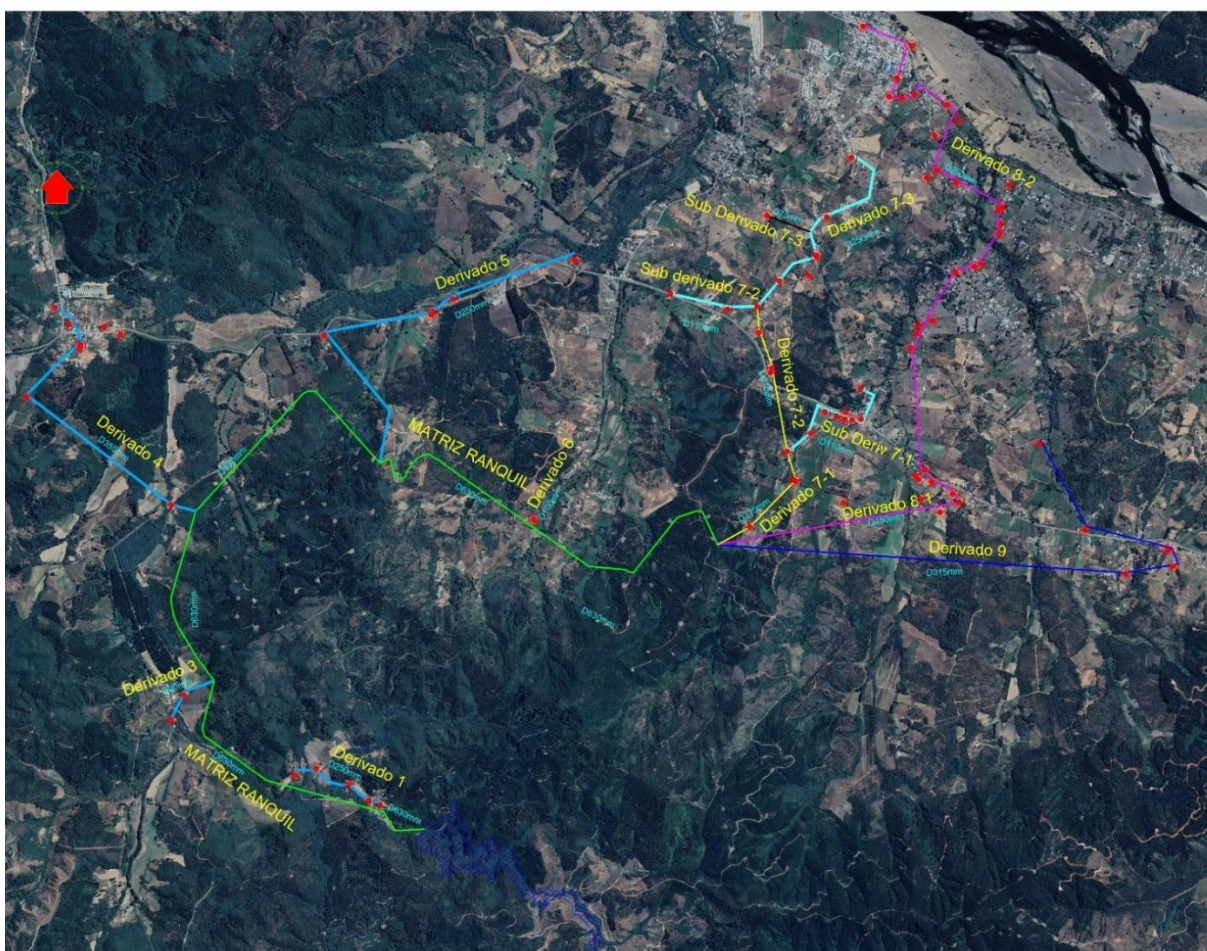


Figura 5-4: Esquema proyecto embalse Ránquil, red de distribución para 299 ha

Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, al elaborar el modelo de simulación, se pudo comprobar que el recurso de agua teórico alcanza para regar una superficie bastante mayor, del orden de 500 ha, en forma segura. En efecto, en Anexo 7-19 se entrega el modelo de simulación, en donde se aprecia que con una capacidad útil de 3,5 millones de m³, se podrían regar en forma segura 493 ha. Agua existiría y los derechos están constituidos.

Se diseñó en todo caso el embalse para las 299 ha, cuya lista de beneficiarios se entrega en Anexo 7-18, y alcanza la cantidad de 96 predios, con un promedio de 3,1 ha/predio. Se reitera: es posible agregar potenciales beneficiarios no Prodesal, y con ello alcanzar las 550 ha. Probablemente, el proyecto, que obviamente crece en tamaño de embalse y en diámetros de algunas tuberías, sea más atractivo económicamente que para 299 ha.

Se diseñó la presa para 299 ha, obteniéndose las siguientes características:

Altura total:	33 m
Cota coronamiento:	109 msnm
Cota Umbral de vertedero:	107 msnm
Cota obras de entrega:	89 msnm
Cota de Fondo:	76 msnm
Volumen muerto:	259.647 m ³
Volumen útil:	1.660.353 m ³
Volumen para revanchas:	323.562 m ³
Volumen total:	2.255.562 m ³

También, se diseñó para 500 ha, con los siguientes resultados:

Altura total:	42 m
Cota coronamiento:	118 msnm
Cota Umbral de vertedero:	116 msnm
Cota obras de entrega:	89 msnm
Cota de Fondo:	76 msnm
Volumen muerto:	259.647 m ³
Volumen útil:	3.535.289 m ³
Volumen para revanchas:	606.825 m ³
Volumen total:	4.401.761 m ³

Para 299 ha, la determinación de los diámetros correspondientes se entrega en Anexo 7-20, los planos del sistema de distribución en el Anexo 7-21, y los planos de los proyectos de obras para ambos tamaños, en el Anexo 7-22.

La presa se diseñó en tierra, con impermeabilización con geomembrana e inyecciones en su fundación y estribos, taludes H: V=2:1 por aguas arriba y 1,5:1 por aguas abajo.

Las cubriciones y presupuestos de esta presa, así como de su sistema de distribución, se entregan en los siguientes Anexos:

- Anexo 7-23: Emb. Ránquil 42 m de altura, 493 ha, costo a precios privados MM\$ 23.174,7.
- Anexo 7-23-1: Sistema de entregas, costos a precios privados, para 299 ha: MM\$ 7.725,1.
- Anexo 7-23-2: Emb. Ránquil 33 m de altura, 299 ha, costos a precios privados: MM\$14.306,9.
- Anexo 7-23-3: Embalse Ránquil de 42 m de altura, costo a precios sociales: MM\$16.851,9.
- Anexo 7-23-4: Sistema de entregas, 299 ha, costos a precios sociales: MM\$ 6.164,1.
- Anexo 7-23-5: Embalse Ránquil 33 m de altura, costos a precios sociales: MM\$10.448,7.

El costo por hectárea resultante, a precios sociales, alcanza los 35 millones de pesos.

En Cuadro 5-5 se presenta un resumen del desglose de presupuesto considerado para este proyecto a precio social.

Cuadro 5-5: Resumen presupuesto proyecto Embalse Ránquil a precio social

Ítem	Descripción	Unidad	Cant.	P. U. Social (\$)	P.Total Social (\$)
1	Instalación de Faenas	gl	1	620.100.000	620.100.000
2	Preparación de Terreno	gl	1	26.438	28.644.882
3	Inyecciones	ml	4372	132.787	580.545.770
4	Muro	gl	1	17.920	1.777.253.596
5	Vertedero	gl	1	1.318.351	182.833.470
6	Túnel de Desvío	gl	1	3.452.037	67.311.141
7	Obra de Captación y Entregas	gl	1	21.750.000	21.750.000
8	Construcción de caminos	gl	1	17.400.000	17.400.000
9	Sistema de entregas	gl	1	4.741.632.746	4.741.632.746
10	Sub Total	\$			8.037.471.604
11	GG, Utilidades e Imprevistos		30	% (\$)	2.411.241.481
12	IVA		19	% (\$)	
13	Costo Total	\$			10.448.713.085

Fuente: Elaboración propia.

5.7. Proyecto Embalse Rahuil

Este proyecto, tiene una relación agua muro muy buena, 38, prácticamente inexistente hoy en día a nivel país. Sin embargo, tiene el problema que se ubica más bajo y lejano del área objeto de riego del proyecto: Rahuil. Además, los regantes Prodesal no se encuentran concentrados en la zona, sino más bien dispersos.

Se tomó la decisión de respetar la condición de abastecer regantes Prodesal, para lo cual hubo que agregar incluso regantes de la zona de Bularco, en donde se ubica el embalse, con elevaciones de agua complementarias.

Para llegar a Rahuil, hubo que diseñar una tubería de 4 km de longitud, la que llegará a un estanque desde donde se elevarán las aguas a los diferentes regantes, según se muestra en la Figura 5-5.

Se aprecia allí el lago, mancha roja, dos elevaciones en la zona de Bularco, una en rojo y la otra en amarillo, el canal Matriz de 4 km que se dirige hacia Rahuil, en verde, y el resto del sistema de distribución desde el estanque, que corresponde básicamente a elevaciones.

La presa tiene una altura total de 10 metros y una capacidad útil de 1.242.000 m³, la que le permite regar con 85% de seguridad un total de 177 ha.

Se diseñaron las obras bajo los mismos criterios que en el embalse Ránquil. Las cubicaciones y presupuesto final de las obras de embalse y sistema de entrega, se entregan en el Anexo 7-29, a precios privados, y en el Anexo 7-29-2 a precios sociales. El costo total de las obras, asciende a la cantidad de MM\$10.422,9 a precios privados y a MM\$7.963,3 a precios sociales. El costo por hectárea resultante, a precios sociales, alcanza los 45 millones de pesos.

En Cuadro 5-6 se presenta un resumen del desglose de presupuesto considerado para este proyecto a precio social.

Cuadro 5-6: Resumen presupuesto proyecto Embalse Rahuil a precio social

Ítem	Descripción	Unidad	Cant.	P. U. Social (\$)	P.Total Social (\$)
1	Instalación de Faenas	gl	1	620.100.000	620.100.000
2	Preparación de Terreno	gl	1	26.438	35.230.896
3	Inyecciones	ml	2515	132.787	333.959.883
4	Muro	gl	1	17.920	613.431.414
5	Vertedero	gl	1	130.743	127.504.058
6	Túnel de Desvío	gl	1	2.259.801	32.544.175
7	Obra de Captación y Entregas	gl	1	23.000.000	23.000.000
8	Construcción de caminos	gl	1	19.600.000	19.600.000
9	Sistemas de Entrega	gl	1	4.317.130.565	4.317.130.565
10	Sub Total	\$			6.125.597.232
11	GG, Utilidades e Imprevistos		30	% (\$)	1.837.679.169
12	IVA		19	% (\$)	
13	Costo Total	\$			7.963.276.401

Fuente: Elaboración propia.

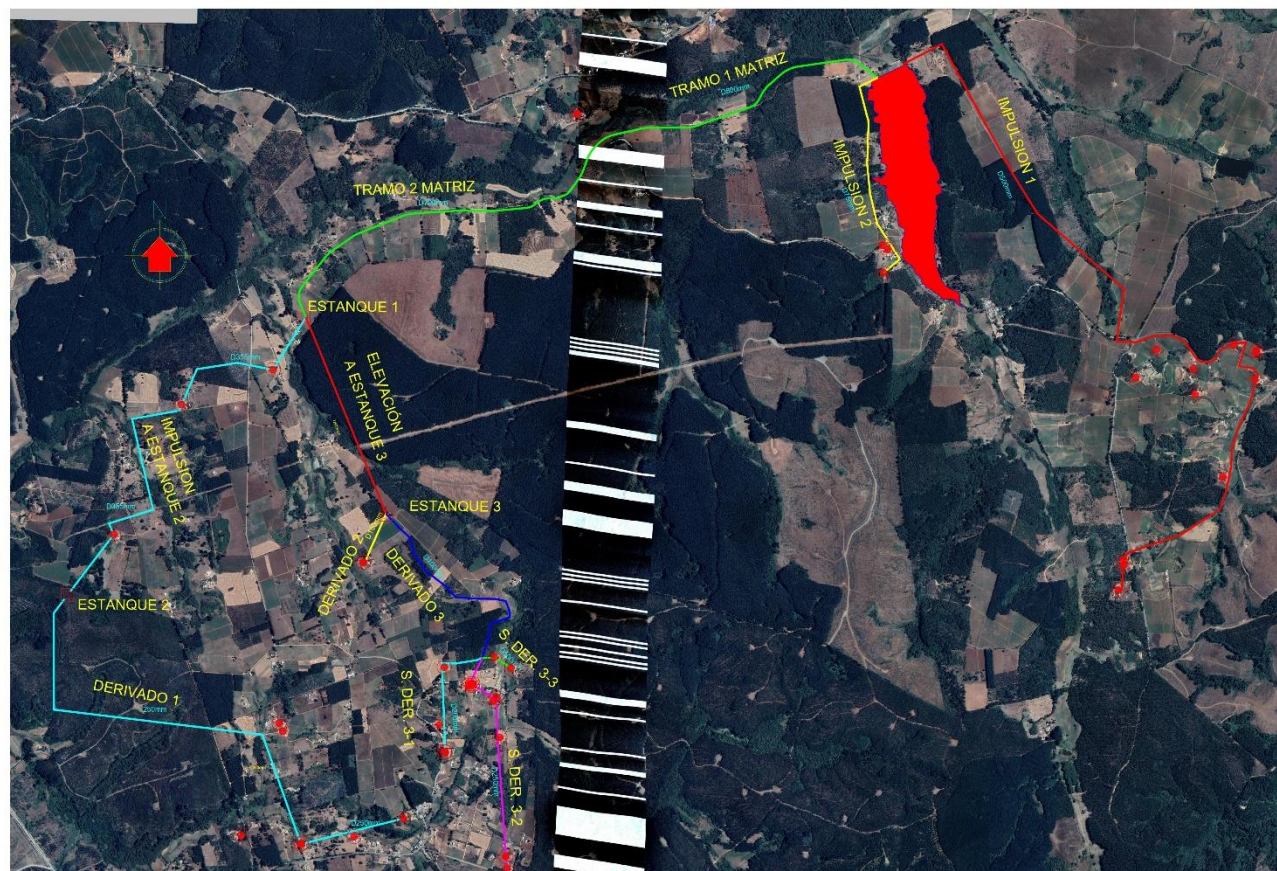


Figura 5-5: Esquema proyecto embalse Rahuil

Fuente: Elaboración propia.

5.8. Proyectos Alternativos

Tal como se muestra en el numeral 8.2 siguiente, los 5 proyectos resultaron no rentables a precios privados, pero dos de ellos sí lo fueron a precios sociales, Elevación El Galpón y Embalse Ránquil. Esto dio origen a un análisis de proyectos alternativos para los otros 3, basados en no abastecer solamente a regantes Prodesal, sino eliminar esta restricción y así bajar los costos del sistema de distribución.

En consecuencia, se pensó en el análisis de alternativas para los proyectos no rentables, entre las cuales la CNR solicitó el análisis de parcelas de tamaño pequeño con 1 o más invernaderos por agricultor, concentradas estas parcelas en 1 terreno a donde pueda acudir cada agricultor a trabajar su parte. Este proyecto se analiza como un proyecto alternativo a la Elevación El Barco y Otros, ya que por lo visto es el que debe reformularse mayormente.

El diagnóstico, también indicó como causa probable de no rentabilidad, la obligación impuesta en principio para el estudio, de llegar solamente a agricultores PRODESAL. Entonces, se efectúa a continuación un análisis de cómo podrían variar los resultados si se abre la posibilidad de llegar con el riego a otros potenciales agricultores. Esto, se analizará como alternativas a los proyectos Elevación

Centro Cementerio y Otros y al Embalse Rahuil, ya que la consideración efectuada los podría llevar a ser rentables.

5.8.1. Consideraciones de diseño

En los 3 casos a analizar, está presente la elevación de las aguas, por lo que se definió una curva paramétrica de costos de elevación, en función de los casos cotizados (ver Gráfico 5-1)

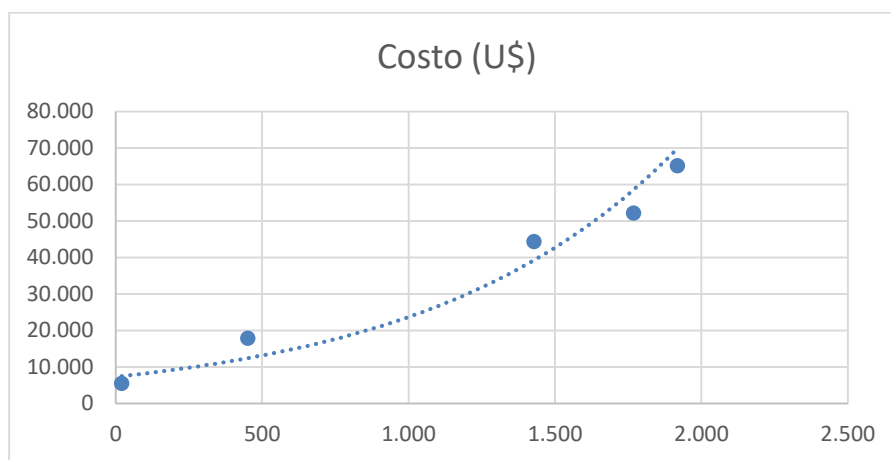


Gráfico 5-1: Curva de costos de elevación

En abscisas, el factor $Q \cdot H$ y en ordenadas el costo en U\$.

Fuente: Elaboración propia.

El resto de las consideraciones de diseño, serán las mismas de los diseños originales, es decir, cálculos hidráulicos en base a Hazen Williams, tasas de riego de 2,5 L/s/ha suponiendo solo elevación con paneles solares, tuberías y piezas especiales del mismo tipo, etc.

5.8.2. Proyecto Centro Cementerio

En consideración a que, en el proyecto original, el Matriz 2 y su Derivado 2-1, fueron concebidos para llegar a zonas más altas y alejadas de la captación, para así abastecer a más gente, se analizó un proyecto solamente con el Matriz 1, que, sin ser tan alto, puede abastecer unas 20 ha si no se considera solamente a agricultores Prodesal. Además, tiene la posibilidad de abastecer eventualmente a 2 APRs de la zona. Claro que esta consideración es al margen de la evaluación del proyecto agronómico puro.

Las nuevas condiciones para el nuevo proyecto Centro Cementerio, serían las siguientes:

Elevación: Se regaría solamente a la cota 50,7, de Don Francisco Contreras, para no tener que incurrir en 10 m adicionales de elevación solo para abastecer 0,56 ha de Don Herman Ibáñez, quien podría elevar adicionalmente por su cuenta si desea incorporarse. Con esto, la altura de elevación sería desde la cota 14 a la 54, es decir, 40 m.

La tubería, de 31 mm de diámetro, tiene una longitud de 2.272 m, y termina en la cota de terreno 49,1, es decir, se tiene una pendiente 2,16 %. Si se piensa en regar 20 ha, que corresponderían a 8,94 de los regantes PRODESAL más 11,06 de regantes no Prodesal, el caudal requerido sería de 50 L/s. En Cuadro 5-7 siguiente, se desarrolla el cálculo hidráulico en estas condiciones, observándose que la pérdida de carga por fricción es de 3,09 m, y existe una disponibilidad de cota de 4,9 m. En consecuencia, el diseño deja buena holgura para las pérdidas de carga singulares, que en todo caso son mínimas.

Cuadro 5-7: Verificación hidráulica tubería matriz 1

J	Q (m3/s)	Q1,852	150 1,852	D	D4,869	L	Pérdida carga
0,00136	0,05	0,004	10718,17	0,3	0,002	2272	3,09

Fuente: Elaboración propia.

Se confirma, entonces, que el diseño permite regar 20 ha. Ahora, se verificarán sus costos y el costo por ha. El costo de la elevación se obtuvo al aplicar la curva de la Figura 5.8-1, considerando un $Q \cdot H$ de $50 \cdot 40 = 2.000$, lo que arroja un costo de U\$75.000. Llevado a \$ e incluyendo IVA e instalación, este costo alcanza la cantidad de \$ 75.889.275, y el presupuesto final de la alternativa, a precios sociales, alcanzó la cantidad de \$426.517.541, lo que da un costo unitario de \$21.325.877/ha, o sea, se logra rebajar el costo por hectárea de 33,9 millones de pesos a 21,3 millones de pesos. Se confirma que, al menos en este proyecto, incorporar a regantes no Prodesal, aumenta la eficiencia, pudiendo incluso ser rentable.

5.8.3. Proyecto Alternativo El Barco

El Sector El Barco, se ubica muy cercano a Ñipas, y tiene un buen acceso vehicular, por lo que se considera ideal para postular un proyecto pequeño de parcelas con invernaderos. En principio, se analizó un proyecto de 8 ha, separadas en pequeñas parcelas de 4.000 m^2 , para 20 agricultores, según se muestra en la Figura 5-6. Se considera que, para un modo experimental, se trata de un tamaño más que suficiente. En la Figura 5-6, se identifica delimitado por polígono de color amarillo, un paño de 9,0 ha cercano al río y a Ñipas, que requeriría de una elevación de 15 metros.



Figura 5-6: Ubicación proyecto alternativo a El Barco, parcelas experimentales con invernaderos

Fuente: Elaboración propia.



Figura 5-7: Características del proyecto alternativo El Barco

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5-7, se observan las características del proyecto, el cual está constituido básicamente por las siguientes obras:

- Una impulsión (en rojo) de 220 m de longitud y 15 m de altura, o desnivel
- Un estanque distribuidor (en verde) de 20 m x 20 m, de 1,5 m de altura
- Una tubería Matriz 1 de entrega (en azul), hacia Ñipas, de 320 m de longitud
- Una tubería Matriz 2 de entrega (en azul), hacia el poniente, de 290 m de longitud.
- 20 obras de entrega desde las tuberías matrices para cada agricultor

A continuación, se dimensiona este sistema. En primer lugar, para 8 ha de riego total, se requiere de un caudal de 20 l/s, lo que da un $Q \cdot H$ de 300 y, de acuerdo al gráfico de la Figura 5.8-1, el sistema de elevación tendría un costo de unos U\$ 12.000 a U\$15.000. Se considerará en forma conservadora el valor de U\$15.000, lo que significa un costo total, sin IVA, de \$12.754.500.

Las tuberías, se diseñarán para el caudal total, en consideración a que se postula un sistema de riego por turnos. Es un caso extremo, por cuanto 20 l/s no es un caudal muy manejable en los invernaderos, pero podrá a futuro definirse la forma de operar y así abaratar el sistema.

En el Cuadro 5-8 siguiente, se entrega la verificación hidráulica para el matriz más largo, considerando un diámetro de 200 mm. Se observa que, para que el agua escurra gravitacionalmente desde el estanque, se requiere de un desnivel de 0,74 m, o sea, si a ambos matrices se les define una bajada de 1 m en su recorrido, quedan operativos gravitacionalmente para las condiciones de diseño.

Cuadro 5-8: Verificación hidráulica

J	Q (m3/s)	Q1,852	150 1,852	D	D4,869	L	Pérdida carga
0,0023	0,02	0,0007	10718,179	0,19	0,0003	320	0,738

Fuente: Elaboración propia.

Se procedió entonces, a cubicar y calcular el presupuesto para el proyecto presentado, resultando un valor final, a precios sociales, de \$136.331.875 para las 20 parcelas, u 8 ha. El costo por ha alcanza la cantidad de \$17.041.484 / ha, y el costo por parcela de 4.000 m² alcanza la cantidad de \$6.816.594.

Los costos anteriores, consideran solamente el costo del riego, no está incluido el costo de los invernaderos.

En consideración a que el mandante postuló, en una reunión de análisis de resultados, un proyecto experimental de costo no superior a unos 70 millones, se procedió a efectuar un ajuste al proyecto anterior, reduciéndolo a la mitad: 4 ha y 10 personas. Este ajuste se presenta en Anexo 7-52. El costo del proyecto resultó de MM\$52,3 y su rentabilidad social fue positiva, con un VAN de MM\$ 23,5 y una TIR de 7,2%.

5.8.4. Proyecto Alternativo Embalse Rahuil

Este embalse, cuya capacidad útil es de 1.242.000 m³ para una altura total de 10 m, y una relación agua muro de 38, de acuerdo con sus características y con la hidrología, es capaz de abastecer una superficie de 176,7 h con 85% de seguridad.

El presente análisis, corresponde a una reformulación del proyecto original, que se realiza con el objetivo principal de regar Rahuil y sin limitar los regantes a solamente los Prodesal.

En consecuencia, se eliminan las dos primeras elevaciones hacia Bularco, y el embalse entregará solamente a una tubería que llegará gravitacionalmente a Rahuil, en el punto denominado Estanque 1 de la Figura 5-8. Desde el estanque concebido en ese punto, se efectuarán diferentes elevaciones para completar las 177 ha de riego en Rahuil.

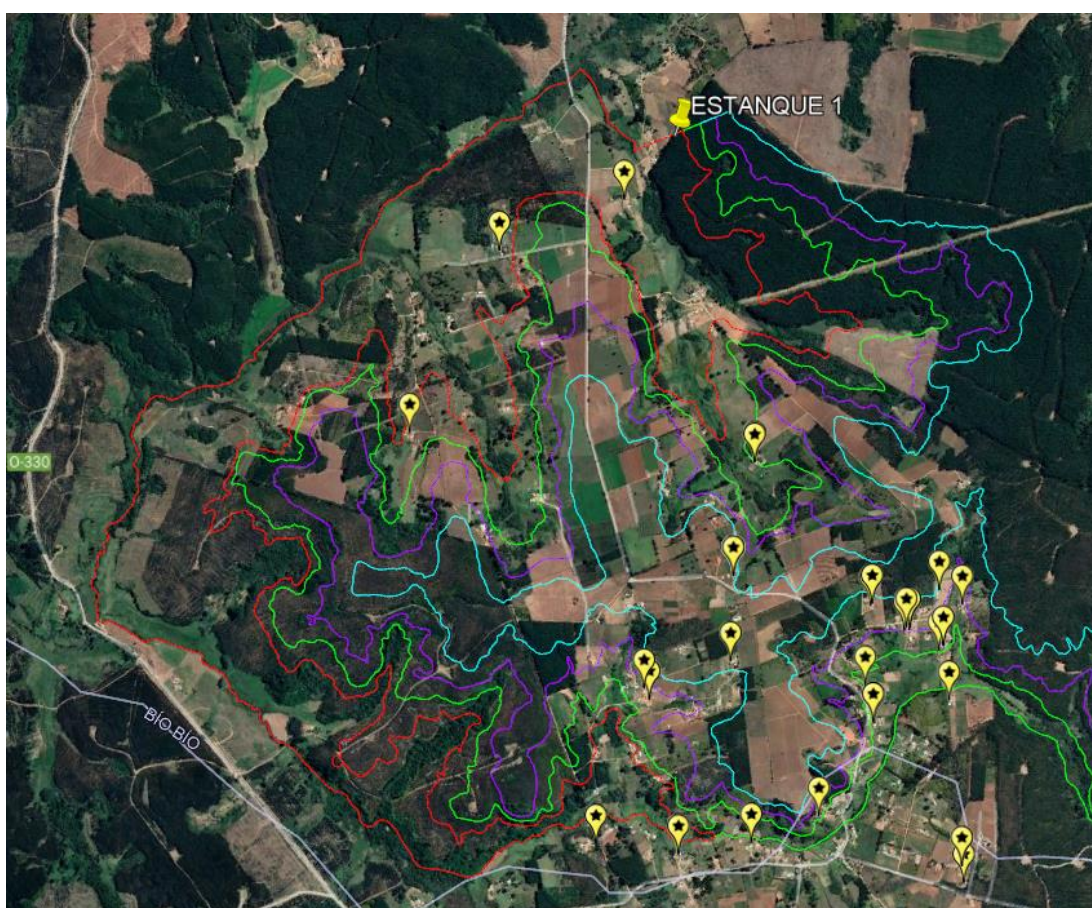


Figura 5-8: Área de riego de Rahuil

Fuente: Elaboración propia.

La reformulación del sistema, comienza por re estudiar la ubicación del estanque 1. Hecho el análisis, la primera modificación en este escenario, es que la tubería de entrega se reduce de 4,0 km a 3,45 km, manteniendo el mismo trazado. La cota de entrega del embalse es la 239 y la cota del terreno en el km 3,45 es la 233.

Además, no es práctico que el embalse entregue solamente durante 8 horas, entonces lo lógico es plantear un segundo estanque para acumular las aguas de noche. Para 177 ha, la demanda continua es de $0,83 \text{ L/s/ha} \times 177 \text{ ha} = 147 \text{ L/s}$. Es decir, la tubería matriz con entrega continua del embalse debe ser diseñada para 147 L/s.

La capacidad del estanque de regulación diaria, debe ser capaz de almacenar el caudal de 147 l/s durante 16 horas, es decir, debe ser de 8.500 m^3 aproximadamente. Se plantea un estanque de $80 \text{ m} \times 80 \text{ m} \times 1,50 \text{ m}$, es decir, de 9.600 m^3 , cuyo fondo estará a la cota 233 y su coronamiento a la cota 234,7 (20 cm de revancha). De este modo, siendo 234,7 la cota de llegada de la tubería, se dispone de un desnivel de 4,3 m hasta la cota de inicio de 239.

El desnivel anterior, permite plantear una tubería de 500 mm de diámetro para la conducción desde el Embalse hasta el Estanque, según lo muestra el

Cuadro 5-9, de verificación hidráulica.

Cuadro 5-9: Verificación capacidad tubería matriz

J	Q (m3/s)	Q1,852	150 1,852	D	D4,869	L	Pérdida carga
0,0010	0,147	0,0287	10718,179	0,48	0,0280	3450	3,512

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 5-9, muestra el estanque 1 en su nueva ubicación, km 3,45, y parte del área agrícola de Rahuil, separada en los 4 sectores de riego siguientes:

- SECTOR 1: 138 ha, regable 70% => 97 ha, se ubica bajo cota 245, requiere de elevación de 12 m.
- SECTOR 2: 102 ha, regable 80% => 82 ha, se ubica bajo cota 255, requiere de elevación de 22 m.
- SECTOR 3: 113 ha, regable 90% => 102 ha, se ubica bajo cota 265, requiere de elevación de 32 m.
- SECTOR 4: 127 ha, regable 60% => 76 ha, se ubica bajo cota 275, requiere de elevación de 42 m.

El porcentaje regable se obtuvo observando las imágenes de Google Earth, en las cuales se descontó al área total, el área de bosques, caminos e infraestructura. Es naturalmente aproximado, pero el total del área disponible así planteada es de 353 ha, bastante más que la superficie que se desea regar, 177 ha.

Para efectos de evaluar la rentabilidad del proyecto, se considerará el riego de los sectores más económicos por altura de elevación, sectores 1 y 2, los que en conjunto cubren las 177 ha. Esto no obsta que el día de mañana, los agricultores que se interesen por regar se ubiquen también en los sectores

3 y 4, e incluso más allá de ellos, pero será tarea de re evaluación del proyecto una vez se cuente con la lista de interesados.

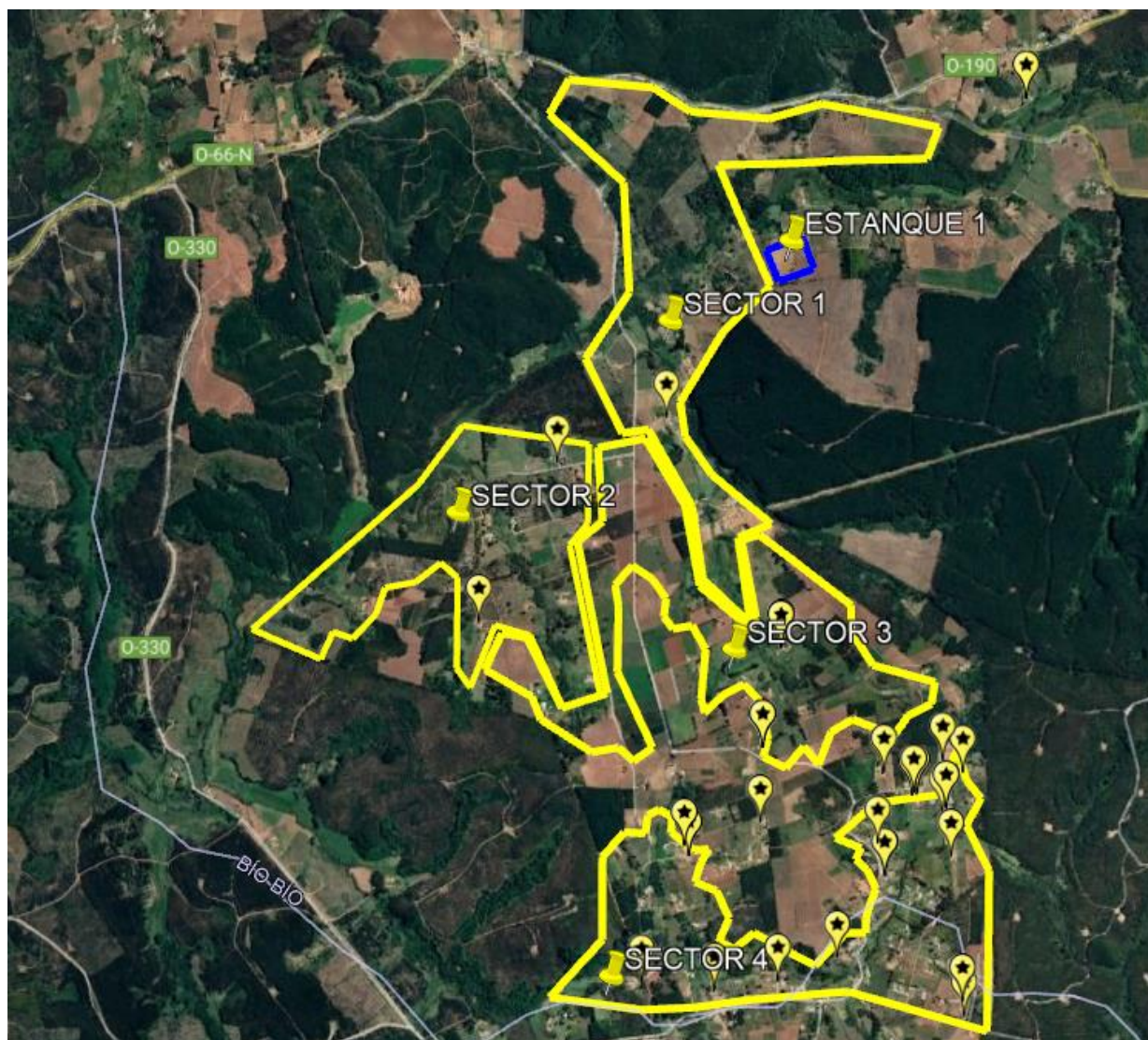


Figura 5-9: Sectores de riego posibles planteados para Rahuil

Fuente: Elaboración propia.

Para efectos de diseño, se ha considerado la distribución de tuberías que se aprecia en la Figura 5-10, para los sectores 1 y 2. Se recomienda, para llegar a los regantes de los sectores 3 y 4, hacer un análisis del interés a nivel del estudio de prefactibilidad, ya que significa mayor elevación y el proyecto se encarece, pero hay cierto margen aún para ello. El proyecto alternativo definitivo, se muestra en la Figura 5-9.

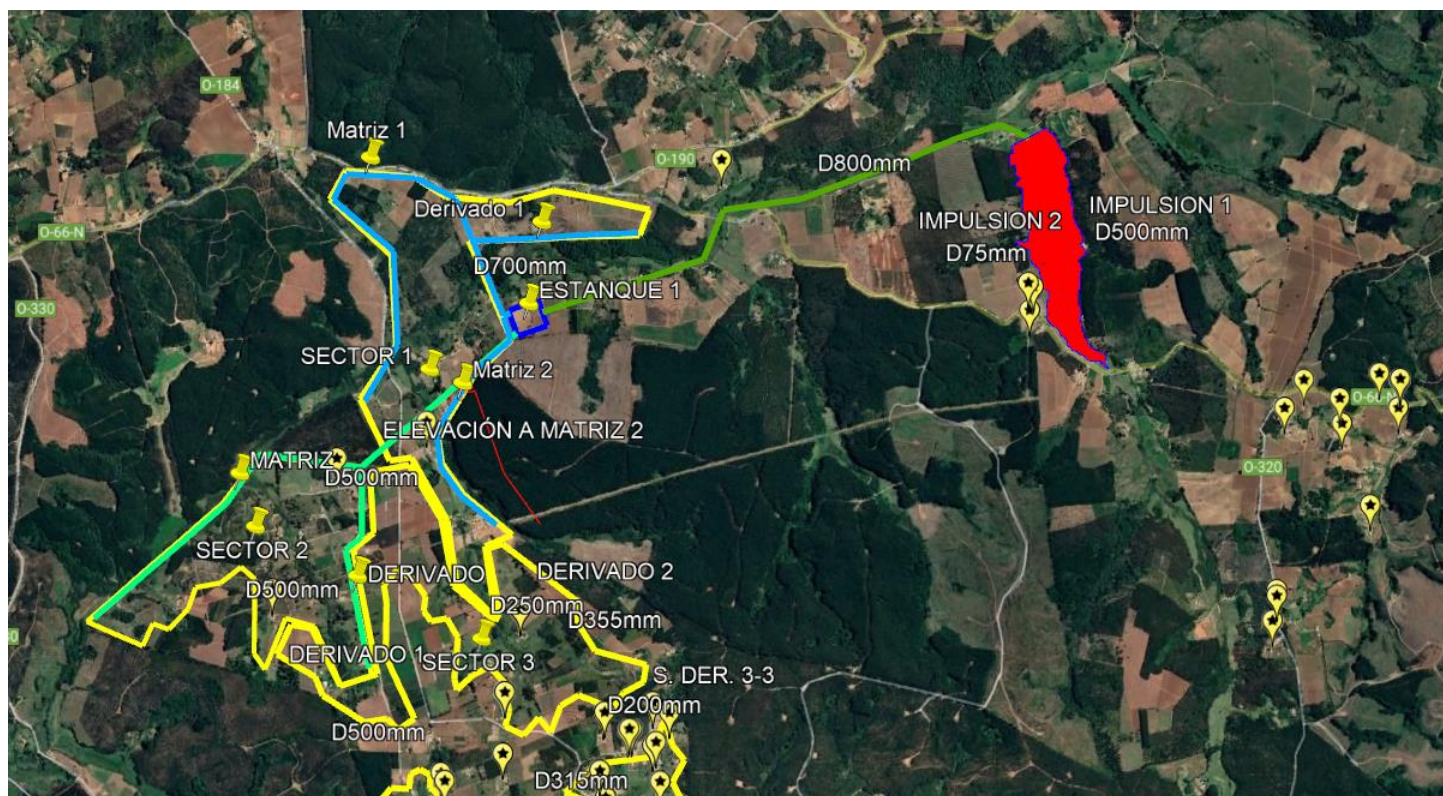


Figura 5-10: Planta proyecto embalse Rahuil alternativo

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura anterior, el área de inundación del embalse está coloreada con rojo, la tubería matriz con verde, el estanque de regulación diaria con azul, los canales hacia el sector 1 con celeste, los canales hacia el sector 2 con verde claro y las áreas de riego con amarillo.

En Anexo 7-52, se presenta el costo a precios sociales, tanto de las obras de embalse como el de las obras de distribución, los que en conjunto suman la cantidad de MM \$5.904,4. La evaluación económica indicó que el proyecto resultó rentable, con un VAN de MM \$905,7 y una TIR de 6,7 %.

Como resultado final de este análisis complementario, se obtuvo que los 4 proyectos alternativos, basados en llegar no solamente a agricultores Prodesal, resultaron de características muy diferentes, pero rentables.

6. ANÁLISIS AMBIENTAL, DETERMINACIÓN DE ZONAS DE RESTRICCIÓN AMBIENTAL Y ANÁLISIS DE PERTINENCIA DE INGRESO AL SEIA

6.1. Zonas de Restricción Ambiental

Se realizó un análisis ambiental de los 5 proyectos propuestos a nivel de perfil, considerando los antecedentes recopilados en la revisión de antecedentes bibliográficos, determinando en cada caso las Zonas de Restricción Ambiental, que son áreas en las que se debe tener mayor resguardo por sus

características ambientales. Estas zonas quedan definidas por altos valores de Sensibilidad Ambiental, cuyos atributos son de importancia para el ecosistema o entorno y, por tanto, resultan relevantes de considerar al momento de planificar el desarrollo de actividades, en especial aquellas que mantienen una agresividad ambiental elevada, prohibiendo o limitando el desarrollo de estas actividades en las zonas en cuestión. Las Zonas de Restricción y los componentes asociados se presentan en el Cuadro 6-3.

Cuadro 6-1 Zonas de Restricción por proyecto

Proyecto	Componente que determinan Zonas de Restricción
Embalse Rahuil	Fauna Terrestre, Calidad de Aguas, Equipamiento e Infraestructura
Embalse Ránquil	Flora y Fauna Terrestre, Calidad de Aguas, Equipamiento e Infraestructura
Impulsión Barco	Flora y fauna acuática, Equipamiento e Infraestructura
Impulsión Cementerio	Flora y fauna acuática, Equipamiento e Infraestructura
Impulsión Galpón	Flora y fauna acuática, Equipamiento e Infraestructura

Fuente: Elaboración propia.

6.2. Análisis de Pertinencia de Ingreso al SEIA

6.2.1. Análisis Legislación Ambiental

Para el presente análisis, se toma como referencia la Ley N° 19.300/94, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, la Ley N° 20.417, que la complementa y modifica; y el Decreto N° 40/12 del Ministerio del Medio Ambiente, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

6.2.2. Pertinencia de Ingreso

De acuerdo con el Art. 3 del Reglamento del SEIA, se presentan proyectos que deben ingresar al SEIA por contemplarse las obras y acciones señaladas en las letras a.1 y en las letras a) del Art. 10 de la Ley 19.300. En el Cuadro 6-2 se presenta una síntesis del análisis de pertinencia de ingreso al SEIA para cada alternativa en evaluación.

Cuadro 6-2: Análisis de pertinencia de ingreso al SEIA

ID	Alternativas de Proyecto	Embalsamiento Mayor a 50.000 m³	Muro mayor a 5 m	Acueductos mayores a 2 m³/s	Dragado Mayor 50.000 m³ de Arena	Ejecución en sitios de protección oficial	Alteración física o química en Humedal (*)	Pertinencia Ingreso SEIA
1	Impulsión Cementerio Uvas Blancas y Otros	NO	NO	NO	S/I	NO	SI	Ingresa
2	Impulsión el Barco y Otros	NO	NO	NO	S/I	NO	SI	Ingresa
3	Impulsión El Galpón y otros	NO	NO	NO	S/I	NO	SI	Ingresa
4	Embalse Ránquil	SI	SI	NO	S/I	NO	NO	Ingresa
5	Embalse Rahuil	SI	SI	NO	S/I	NO	NO	Ingresa

(*): Para humedales que se encuentran total o parcialmente dentro del límite urbano. S/I: Sin Información.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.3. Modalidad de Ingreso: Análisis de los Artículos del 5 al 11 del Reglamento del SEIA

La modalidad de ingreso al SEIA de los proyectos en análisis, quedan definidos si se presenta uno o más condiciones contempladas en los artículos 5 al 10 del Reglamento D.S. Nº 40 de 2013. El resultado del análisis se presenta en el Cuadro 6-3.

Cuadro 6-3: Resumen modalidad de ingreso a SEIA

ID	Alternativas de Proyecto	Nº Artículo Reglamento D.S. Nº 40						Modalidad de Ingreso (*)
		5	6	7	8	9	10	
1	Impulsión Cementerio Uvas Blancas y Otros	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	DIA
2	Impulsión el Barco y Otros	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	DIA
3	Impulsión El Galpón y otros	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	DIA
4	Embalse Ránquil	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	DIA
5	Embalse Rahuil	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	DIA

(*) Sujeto a modificación en etapas posteriores de estudio con la realización de una línea de base.

Fuente: Elaboración propia.

6.3. Costos Ambientales

Para todos los proyectos se presentan los costos asociados a informes puntuales vinculados a Permisos Ambientales Sectoriales (PAS), así como también los costos derivados del desarrollo de las Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA) para los proyectos que lo requieren.

Cuadro 6-4. Costos Ambientales por proyecto (UF)

Alternativas	COD	Costos DIA	PAS	Total
Impulsión Cementerio Uvas Blancas y Otros	Impulsión 1	690	225	915,1
Impulsión el Barco y Otros	Impulsión 2	690	225	915,1
Impulsión el Galpón y Otros	Impulsión 3	690	225	915,1
Embalse Ránquil	Embalse 1	815	375	1190,1
Embalse Rahuil	Embalse 2	815	375	1190,1

Fuente: Elaboración propia.

7. ESTUDIO AGROECONÓMICO

7.1. Caracterización Agroclimática

7.1.1. Descripción Agroclimática del Área de Estudio

La comuna de Ránquil, de acuerdo con la clasificación climática de Köppen, presenta un predominio de clima templado cálido con lluvias invernales (Csb). La temperatura media anual se encuentra en 13,7 °C y cuenta con precipitaciones medias anuales de 1.168 mm.

Las características agroclimáticas asociadas al área de estudio dan cuenta de tres distritos, **8-9-2: Curanilahue, 7-8-2: Empedrado y 7-8-3: Cauquenes** (AGRIMED – U. de Chile, 2017). En la Figura 7-1 se muestra su distribución geográfica.

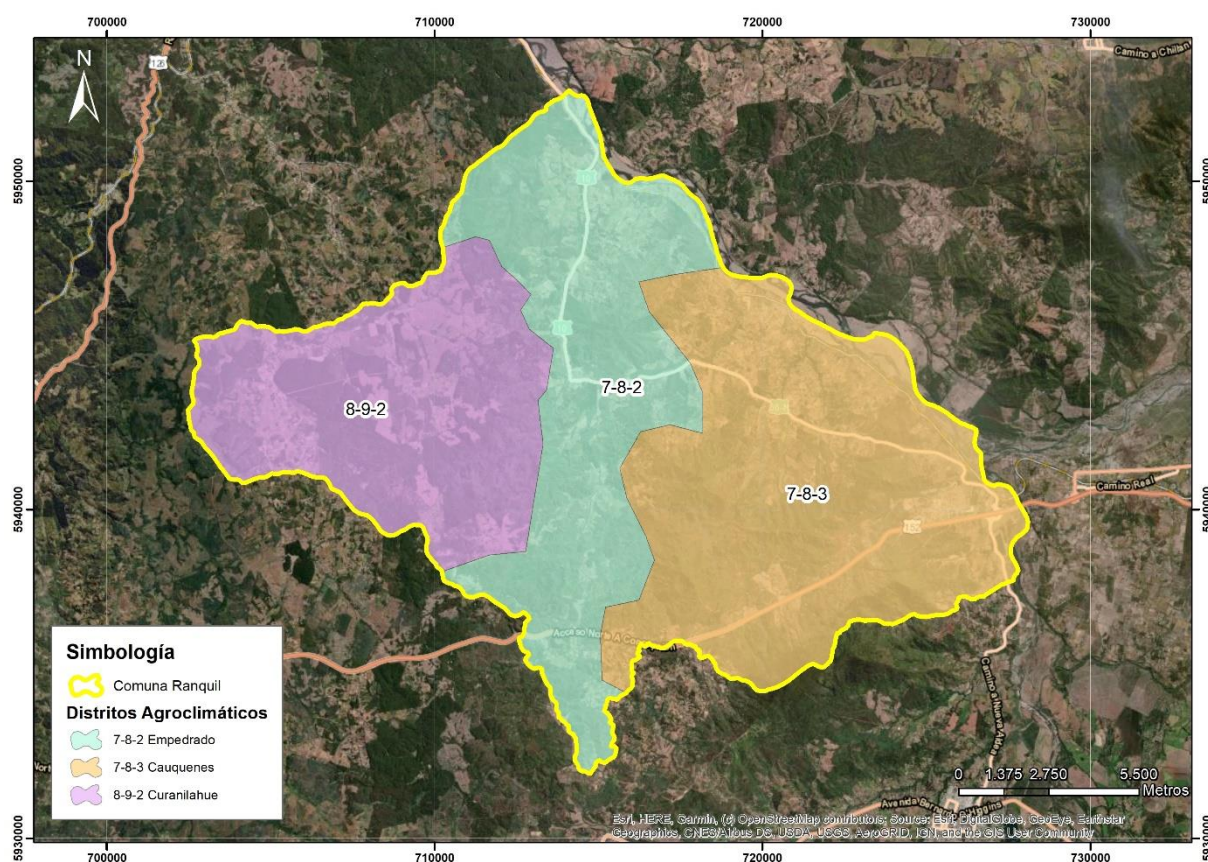


Figura 7-1: Distritos agroclimáticos presentes en el área de estudio

Fuente: AGRIMED – U. de Chile (2017).

Los sectores de riego a definir en las siguientes Etapas del presente Estudio serán caracterizados según el distrito agroclimático correspondiente a su ubicación geográfica. Con ello se podrán establecer dos aspectos relevantes para esta definición: por un lado, la adaptabilidad climática de los cultivos propuestos por los beneficiarios y por otro, la proposición de cambios en la estructura de cultivos en caso de detectar incompatibilidades de adaptabilidad actual.

Se detallan a continuación las características y dimensionamiento de parámetros agroclimáticos de cada distrito mencionado:

8-9-2: Curanilahue: Este distrito es de tipo Templado cálido supratermal con régimen de humedad subhúmedo húmedo (Csb2Shh). Su altitud media aproximada es de 339 m.s.n.m. y abarca una superficie total de 6.376 km².

La temperatura varía entre un máximo de enero de 25,1 °C y un mínimo de Julio de 5,8 °C. Posee 304 días consecutivos libre de heladas y en el año se registra un promedio de 4 heladas. El período de temperaturas favorables a la actividad vegetativa dura 9 meses. Registra anualmente 1.266 días grado y 452 horas de frío acumuladas hasta el 31 de Julio. La precipitación media anual es de 1.587 mm y un período seco de 4 meses, con un déficit hídrico de 475 mm/año. El período húmedo dura 6 meses durante los cuales se produce un excedente hídrico de 882 mm.

7-8-2: Empedrado: Este distrito es de tipo Templado cálido supratermal con régimen de humedad subhúmedo seco (Csb2Shs). Su altitud media aproximada es de 244 m.s.n.m. y abarca una superficie total de 2.805 km².

La temperatura varía entre un máximo de enero de 27,1 °C y un mínimo de julio de 5,7 °C. Tiene un promedio de 300 días consecutivos libres de heladas, con un promedio de 3 heladas anuales. El período de temperaturas favorables a la actividad vegetativa dura 9 meses. Registra anualmente 1.595 días grado y 395 horas de frío acumuladas hasta el 31 de Julio. La precipitación media anual es de 858 mm y un período seco de 6 meses, con un déficit hídrico de 838 mm/año. El período húmedo dura 4 meses durante los cuales se produce un excedente hídrico de 325 mm.

7-8-3: Cauquenes: Este distrito es de tipo Templado cálido supratermal con régimen de humedad subhúmedo seco (Csb2Shs) Altitud media aproximada: 186 msnm y abarca una superficie total de 3.359 km².

La temperatura varía entre un máximo de enero de 29,5 °C (máx. de 31 °C y mín. de 27,8 °C dentro del distrito) y un mínimo de julio de 5 °C (máx. de 6 °C y mín. de 4,3 °C dentro del distrito). Tiene un promedio de 262 días consecutivos libres de heladas. En el año se registra un promedio de 6 heladas. El período de temperaturas favorables a la actividad vegetativa dura 9 meses. Registra anualmente 1.754 días grado y 557 horas de frío acumuladas hasta el 31 de Julio. La precipitación media anual es de 816 mm y un período seco de 6 meses, con un déficit hídrico de 947 mm/año. El período húmedo dura 4 meses durante los cuales se produce un excedente hídrico de 291 mm.

7.1.2. Adaptabilidad Climática de los Cultivos

Según la experiencia del consultor se debe indicar que, si bien los distritos agroclimáticos y la dimensión de sus variables representan las características climáticas generales de grandes superficies geográficas cuyo comportamiento climático es relativamente similar; a nivel micro, a menudo existen dentro de cada área distrital, configuraciones geomorfológicas que dan origen a microclimas, los que

hacen excepción a la caracterización general del distrito, pudiendo efectivamente desarrollarse adaptabilidad en estos sectores de especies que en el presente análisis figuran moderadamente adaptables y no adaptables. Tal es el caso del cultivo del palto, presente en la zona y que logra adaptabilidad al ser cultivado en laderas evitando heladas, motivo principal por el que se determina su moderada adaptabilidad a los distritos presentes.

A partir de esta información y tomando en cuenta las consideraciones mencionadas, es posible visualizar que, desde el punto de vista agroclimático, el área de estudio presenta condiciones favorables para el establecimiento de diversas especies agrícolas de interés comercial en el contexto de agricultura regada.

7.2. Situación Actual Agropecuaria

A partir de la aplicación de la Encuesta Simple se obtiene el uso del suelo de la Situación Actual. Es importante destacar la importancia de la información sobre la estructura de cultivos y tipos de superficie (distribución porcentual) de cada predio promedio para caracterizar posteriormente los proyectos a diseñar a nivel de perfil, dependiendo de la estratificación predial de cada área beneficiada.

7.3. Situación Con Proyecto

En el escenario futuro de las obras proyectadas, con el complemento de adecuados programas de asistencia técnica y capacitación (mejoramiento del nivel tecnológico) y programas de apoyo a la inversión intrapredial, permitirán el aumento la productividad de los predios y una mayor rentabilidad de los rubros actuales. Tal como se describe en detalle en la Etapa 2 de la presente consultoría, el área de estudio presenta recursos de suelo y clima apropiados para el desarrollo de variada gama de especies agrícolas. La diversa geografía del área de estudio permite que las condiciones climáticas no sean continuas, generando a través del relieve, variadas situaciones que permiten, en mayor o menor medida, una adaptabilidad local para gran diversidad de especie, en especial ante la ocurrencia de heladas, fenómeno que acentúa siempre su efecto en los sectores bajos y planos de la zona. Lo anterior es corroborado en la práctica por el desarrollo agrícola actual que existe en la zona, donde existe multitud de emprendimientos agrícolas con diversas especies que constituyen un referente para un futuro desarrollo agrícola con proyecto.

Se presentan a continuación los criterios básicos que se han utilizado para implementar modificaciones en la actual estructura productiva, con origen en la mayor seguridad de riego generada por los proyectos de riego en estudio. Estos son los siguientes:

- Como primera consideración, se debe señalar que en el desarrollo de la presente Etapa, mediante el prediseño de los potenciales proyectos de riego y el cálculo del beneficio potencial que puedan generar (superficie y número de predios beneficiados), se logrará paulatinamente dimensionar el real impacto de cada proyecto, razón por la cual, el diseño de la estructura de cultivos para Situación Con Proyecto (SCP) estará orientado de forma genérica a la superficie futura de riego asociada a cada proyecto propuesto. Esto es, el diseño

estructural se aplicará a la superficie de riego de SCP (que puede ser la misma actual o superior) según cada estrato de tamaño predial y sector de riego, re dimensionando por ende también, la superficie de secano.

- La base de los cambios proyectados entonces, va por dos vías. La primera consiste en la redistribución y reordenamiento de la estructura de cultivos de la superficie actualmente bajo riego, donde la mayor seguridad de riego permitirá cambios de cultivos y reasignación de prioridades en función de la rentabilidad de cada alternativa propuesta y de su viabilidad productiva condicionada por tamaño predial.

La segunda vía es el crecimiento de la superficie de riego actual a expensas de la superficie de secano o de la superficie sin uso potencialmente regable. Esto tendrá mayor impacto, mientras mayor sea el tamaño del estrato predial.

- Se propone para SCP, una reestructuración de la matriz de cultivos basada, por un lado, en la rentabilidad de los rubros propuestos y por otro, en la adaptabilidad agroclimática que los caracteriza. De esta forma, como resultado del aumento en la seguridad de riego, tendrá lugar una consolidación de los rubros de mayor potencial productivo y comercial (adaptabilidad y rentabilidad), estructura asociada fundamentalmente a alternativas frutales y hortalizas.
- Las modificaciones a la estructura de cultivos se aplican entonces de diferente forma según los distintos estratos de tamaño predial, ya que en predios de mayor tamaño existe a menudo una mayor orientación comercial de la agricultura y poseen mayor superficie cultivada y/o cultivable, por lo que a estos estratos se asocian cultivos como frutales, hortalizas como papa y poroto y establecimiento de praderas artificiales, mientras que en estratos pequeños, la orientación apunta a maximizar el uso de superficie y de agua fortaleciendo el autoconsumo a través de chacras e implementando cultivo en invernaderos.
- El enfoque productivo en el área de estudio guarda una orientación importante hacia el autoconsumo y subsistencia de la familia campesina, no obstante, una parte importante de la superficie predial promedio, asocia un objetivo comercial en su producción. Pese a lo anterior, la gran mayoría de los predios y sus emprendimientos productivos, asocian un nivel tecnológico bajo, donde gran parte son beneficiarios de INDAP y donde la descrita situación de escasez hídrica en la zona hace que en la mayoría de los predios se practique un riego muy austero y limitado a pequeñas superficies (desde punteras o vertientes). Por tanto, la rentabilidad en las especies propuestas en SCP para estratos mayores, debe guardar relación con sus márgenes de comercialización potenciales, mientras que, en estratos menores, la rentabilidad debe asociar estrechamente un enfoque al abastecimiento alimentario del núcleo familiar del agricultor y secundariamente a la venta de productos.
- La consideración anterior, guarda relación con la permanencia de categorías como las chacras y huertos frutales en la SCP, rubros directamente relacionados con el autoconsumo, en especial en los estratos de tamaño pequeño, lo que se ve reflejado en el uso de suelo propuesto.

Se debe señalar que, tanto para la SA como para la SCP, rige un criterio base que determina una superficie máxima de una hectárea para considerar una siembra de hortalizas dentro de la categoría chacras o a una plantación de frutales diversos dentro de la categoría huerto frutal casero, superficie acorde con un volumen de producción de autoconsumo. Bajo esta premisa se plantea para la SCP considerar siempre una superficie base de estas categorías para cada estrato de tamaño predial, de manera de siempre satisfacer el autoconsumo básico.

- No obstante, la mayor parte de los beneficiarios de los proyectos en estudio serán pequeños agricultores asociados a pequeños predios del Estrato 1, por lo que si bien, debe priorizarse asegurar el autoconsumo, debe también asegurarse una rentabilidad al uso de la tierra en estos pequeños predios, de forma de rentabilizar los proyectos. Es por esta razón que se ha propuesto implementar el uso intensivo del suelo con producción hortícola en invernaderos representada por la producción de tomate dentro de la estructura productiva de estos predios (sin descartar los demás estratos).

Dado lo intensivo de la producción, asociando alta tecnología en riego, fertilización, control de plagas, enfermedades y malezas y de la posibilidad de cultivar anticipadamente a la temporada, se espera una rentabilización segura para la inversión en proyectos de infraestructura de riego.

- Si bien las zonas 1 y 2 del área de estudio presentan condiciones agroclimáticas y agrológicas particulares que inducen una adaptabilidad diferenciada de cultivos y patrones productivos diferentes, debe destacarse la muy similar estructura de cultivos y uso de suelo existente en los predios encuestados en ambas zonas del área de estudio en Situación Actual, materia descrita en Etapa 2, pese a las diferencias productivas observables a nivel general al recorrer ambas zonas. Esto, debido a que, a solicitud del mandante, la muestra a encuestar fue dirigida específicamente a los usuarios de PRODESAL tanto en la zona 1 como en la 2, lo que implica un importante sesgo en la representatividad de la estructura productiva que realmente representa globalmente a cada una de las zonas.

A raíz de esto, la distribución de estratos de tamaño predial, las estructuras de cultivo, la proporción entre superficie de riego y de secano, el nivel tecnológico existente y las expectativas productivas, son muy similares entre los predios estudiados en ambas zonas.

Por este motivo, y dado que los potenciales beneficiarios de los proyectos en estudio se enmarcan estrictamente en el perfil de beneficiarios de PRODESAL, los presentes criterios de desarrollo para Situación Con Proyecto, no establecerán mayores diferencias entre las dos zonas en estudio, salvo aquellas estrechamente asociadas a adaptabilidad climática de cultivos y a las características de los proyectos que potencialmente abastecerán de riego a los predios de estas zonas.

- Se plantea en SCP una disminución de los rubros papa, porotos y maíz como tales en ambos sectores, en especial en estratos pequeños, rubros que no desaparecen, sino que se

consideran incluidos dentro del rubro chacras, dando así prioridad en cuanto a uso de suelo, a la hortaliza, cuyo representante en este análisis es el tomate, en especial enfocado a invernaderos.

- En el contexto productivo de Situación Actual existe una variada diversidad de cultivos que forman parte de lo que localmente se denomina como chacras, cuyo enfoque principal es el autoconsumo y subsistencia. Dentro de este grupo de cultivos se encuentra la papa el maíz y el poroto en forma transversal en el área de estudio, no obstante, estos tres cultivos se presentan también en siembras de mayor extensión, cuyo enfoque es preferentemente comercial, en especial en estratos mayores, por lo que la superficie asociada a estos cultivos es categorizada individualmente y por separado como papa, maíz y poroto.
- Esta consideración también es válida para Situación Con Proyecto, donde en estratos pequeños, estos cultivos anuales disminuyen en superficie en su escala comercial, pasando mayoritariamente a ser integrados en la categoría de chacras y bajando su extensión en pro del crecimiento de alternativas anuales más rentables en riego, como lo es la producción de tomate en invernaderos. No obstante, en sectores aledaños al río Itata, de suelos más arenosos y predios de mayor tamaño, estas alternativas mantienen su condición de cultivos comerciales avalada por su adaptabilidad agroclimática y agrológica, y en asociación también al aspecto cultural agrícola de esos sectores, que vincula a estos productores con la tradicional comercialización de estos cultivos.
- La categoría “otros frutales” integra especies variadas como damasco, durazno, papayo, etc., cuyas superficies productivas no constituyen plantaciones comerciales, pero tampoco son huertos frutales caseros, por lo que su presencia en SCP tiene un objetivo mixto de autoconsumo y comercialización a pequeña escala.
- En relación a los estratos de mayor tamaño, las especies frutales a implementar son varias de las que ya se encuentran actualmente en el área de estudio, pero potenciadas en cantidad de superficie y asociando un nivel tecnológico superior. Es así como se plantea un reemplazo de las alternativas de cultivo anuales (papa, poroto, maíz) por especies frutales que, en forma incipiente a través de emprendimientos particulares en Situación Actual, han demostrado un buen potencial productivo en la zona, especies como el palto, nogal, olivo y almendro. De igual forma se plantea la incorporación de especies como el avellano europeo y el arándano, que son innovaciones productivas sustentadas en su adaptabilidad y que guardan relación productiva comercial con la agroindustria en la zona. Se reemplazan también de la zona de riego, superficies de pradera natural regada. Lo anterior es válido para toda el área de estudio dadas sus características climáticas que favorecen el desarrollo frutícola. No obstante, y tal como se describe en la Etapa 2 del presente estudio, las recomendaciones de cultivos frutales estarán condicionadas a realizarse preferentemente en laderas donde se evada la ocurrencia de heladas, donde se procure buena radiación, acumulación de grados día y acumulación de horas de frío, factores de gran importancia para el desarrollo frutícola.

- La vid vinífera, es un rubro que ha proliferado profusamente en el área de estudio, producto de la buena adaptabilidad al clima y suelos de la zona y a la condición de secano. Este rubro se considerará estable en cuanto a superficie en SCP, aumentando proporcional y únicamente por efecto del aumento general de la superficie cultivada. La razón de esto radica en la baja rentabilidad del rubro en la zona, no pagando el precio del kilo muchas veces, ni el costo de su cosecha.

Antecedentes locales determinan que estas variedades al cultivarse bajo riego no dan los grados requeridos para la venta en la temporada, y el aumento en rendimientos no justifica el costo invertido en tecnificación ni en la energía requerida para extracción e impulsión, dado el bajo precio de la uva. No obstante, se plantea mantener la superficie actual dada la gran cantidad de secano ocupado en ellas y dados los numerosos emprendimientos que asocian producción de vinos propios, logrando un importante valor agregado al producto a través del vino, iniciativas de industrialización que sí se deben potenciar en la zona.

- En general y preferentemente en estratos mayores de tamaño predial, el fortalecimiento de la producción hortícola bajo tecnificación, es una estrategia a implementar, al igual que en los cultivos anuales de papa, poroto y maíz, que logran aprovechar bien la temporada de temperatura estival.
- El área estudio en general se caracteriza por presentar un muy escaso desarrollo ganadero, producto de que los escasos recursos hídricos son aprovechados en alternativas más rentables. Por esta razón, los presentes criterios de desarrollo consideran solamente el reemplazo de la superficie ocupada con praderas por alternativas hortícolas o frutales de mayor rentabilidad.
- Se considera en SCP potenciar plantaciones de olivo, que a través de referentes de cultivo presentes en la zona demuestran buena adaptabilidad climática, además de ser una especie característicamente recomendada para zonas de secano costero e interior.
- Como fue descrito en la Caracterización de Situación Actual, la gran mayoría de los predios presentes en el área de estudio, dada la gran condicionante de escasas hídricas y falta de acceso al agua, presentan un nivel tecnológico de manejo agrícola bajo. Escasos emprendimientos en acotadas superficies presentan alguna inversión en tecnificación asociando un programa de manejo de mayor elaboración. Por tanto, se plantea para SCP, subir el nivel tecnológico de bajo a un nivel medio en la mayoría de los rubros, conservando algunos su nivel actual. Esto, bajo la consideración que la agricultura en general proviene de una cultura de secano y/o de un riego muy básico, asociando un manejo agrícola muy precario de cultivos.
- Considerando el nivel de desarrollo agroproductivo actual, en general se espera de una baja a media capacidad de respuesta a los cambios inicialmente, agilizándose en un mediano plazo, redundando en una gradualidad intermedia en el tiempo en la adopción de cambios y nuevas tecnologías por parte de los agricultores que pasan de niveles bajos a medio, asociado a capacitación y transferencia tecnológica, programas de apoyo crediticio y subsidios al

desarrollo, tema que se analiza numéricamente en el acápite de Gradualidad de los Cambios del presente estudio. De esta forma se incrementan en el tiempo rendimientos y márgenes por hectárea, incrementando el nivel tecnológico de estos cultivos, experimentando mejores rendimientos.

- Dentro del programa de transferencia tecnológica que deberá acompañar la implementación de cambios productivos donde procede, se contempla un mejoramiento en la eficiencia del manejo agronómico de recursos como mano de obra, maquinaria e insumos. Los cambios implementados serán acordes a la rentabilidad de cada cultivo, mejorando las tecnologías de riego en algunos casos o maximizando por ejemplo el uso de jornadas utilizadas en riego, poda, limpiezas manuales, aplicación manual de productos, cosecha, etc.
- Los cambios productivos consideran también la implementación de programas complementarios de fertilización y programas fitosanitarios ajustados a las necesidades de cada cultivo, al contexto agrícola de la zona, reforzando el control preventivo y curativo de enfermedades, plagas y malezas.
- En el uso de maquinaria, se considera mecanización de labores como preparación de suelos, cosecha, aplicación de agroquímicos etc., reduciendo el uso de mano de obra, en especial considerando el alto costo y disponibilidad de este recurso en la zona.
- Los costos de mano de obra, insumos agrícolas y de maquinaria serán los mismos que en Situación Actual, de manera de hacer comparables sus rentabilidades en la evaluación económica del proyecto.
- Las labores de manejo derivadas de los cambios antes mencionados, varían en directa proporción al cambio de rendimiento de cada cultivo, en especial las de mayor costo. Además, se añadirán jornadas de mano de obra y maquinaria en algunas labores de acuerdo al aumento de dosis y número de aplicaciones de productos recomendados.
- Se detalla en el acápite de transferencia tecnológica y asistencia técnica las características de una fuerte campaña de capacitación de agricultores para lograr un satisfactorio desarrollo de estas alternativas de cultivo, logrando a través del uso prioritario de riego tecnificado, un eficiente uso del recurso hídrico disponible.
- Se recomienda, en concordancia con el desarrollo productivo y comercial esperado, que los productores que no lo hayan hecho, regularicen su situación tributaria, con el propósito de establecer una condición básica para comercializar y en lo sucesivo mejorar la plataforma de negociación con los intermediarios, o bien que ellos mismos comercialicen directamente su producción.

Con la estratificación predial obtenida del mapa de roles y listado de usuarios en cada área potencialmente beneficiada por los proyectos, se determinaron los predios expandidos. En el Cuadro 7-1

se muestra un resumen con el número de predios por estrato, superficie total predial y superficie potencialmente regable en Situación Con Proyecto.

Cuadro 7-1: Resumen estratificación predial proyectos

Proyecto	Zona	Ítem	E1	E2	E3	E4	E5	Total
1. Cementerio y Otros	1	N° Predios	32	12	0	0	0	44
		Superficie Predial (ha)	13,7	28,0	0,0	0,0	0,0	41,7
		Superficie Máxima Regable (ha)	11,0	26,2	0,0	0,0	0,0	37,2
2. El Barco y Otros	1	N° Predios	20	5	1	0	0	26
		Superficie Predial (ha)	11,1	9,6	6,2	0,0	0,0	26,9
		Superficie Máxima Regable (ha)	8,9	9,0	5,2	0,0	0,0	23,2
3. El Galpón	1	N° Predios	3	2	2	1	0	8
		Superficie Predial (ha)	3,0	6,0	16,1	12,0	0,0	37,1
		Superficie Máxima Regable (ha)	2,4	5,6	13,6	10,6	0,0	32,2
4. Ránquil	2	N° Predios	65	49	16	18	2	150
		Superficie Predial (ha)	30,7	103,0	114,1	229,7	43,8	521,3
		Superficie Máxima Regable (ha)	24,2	77,5	80,6	143,0	27,3	352,6
5. Rahuil	2	N° Predios	29	26	10	9	2	76
		Superficie Predial (ha)	18,8	56,7	70,1	113,9	46,6	306,1
		Superficie Máxima Regable (ha)	14,8	42,6	49,5	70,9	29,0	206,9

Fuente: Elaboración propia.

8. EVALUACIÓN ECONÓMICA

8.1. Introducción

En este Capítulo se presenta la evaluación económica de cada proyecto, considerándose los costos y beneficios determinados en el estudio. El análisis incluye el cálculo de los indicadores para diferentes alternativas de proyectos para luego desarrollar análisis de sensibilidad y de riesgo a la mejor alternativa con mejores resultados.

8.1.1.1. Beneficios Derivados del Riego

El beneficio más importante de este proyecto es el aumento en la seguridad de riego. Lo anterior, en Situación Con Proyecto, permite por una parte mejorar la expresión del potencial productivo de los cultivos, además de incorporar cultivos de mayor rentabilidad los que sin la seguridad de riego necesaria presentarían un alto riesgo a la inversión.

El beneficio agroeconómico neto del proyecto se obtiene a partir de la sustracción entre los márgenes netos de las Situaciones Con y Sin Proyecto.

Cada flujo incluye la inclusión de una parte de la superficie con especies frutales, las que, tanto por gradualidad de incorporación de superficie como también por su crecimiento, presentan flujos negativos en los primeros años hasta la plena producción (Ver Cuadro 8-1).

Cuadro 8-1: Beneficios agrícolas a precios sociales

Año	1. Cementerio	2. El Barco	3. El Galpón	4. Ránquil	5. Rahuil
0	0	0	0	0	0
1	-69.744.294	-44.625.952	-44.625.952	-392.210.191	-226.984.374
2	-86.384.125	-57.124.005	-57.124.005	-618.737.983	-366.480.655
3	-49.872.016	-34.013.595	-34.013.595	-517.086.176	-306.926.330
4	-37.143.848	-26.987.437	-26.987.437	-479.246.611	-285.127.841
5	-22.428.899	-18.692.130	-18.692.130	-391.482.388	-233.819.557
6	78.412.002	46.176.155	46.176.155	238.937.819	138.597.174
7	97.258.645	56.525.832	56.525.832	727.600.650	427.319.717
8	45.950.083	21.344.538	21.344.538	861.661.469	506.542.084
9	89.161.906	49.603.352	49.603.352	1.263.805.519	744.544.052
10	105.645.190	60.030.113	60.030.113	1.561.086.833	920.469.066
11	65.733.643	34.314.798	34.314.798	1.447.778.863	853.733.689
12	113.987.544	67.995.407	67.995.407	1.489.797.487	879.047.800
13	118.432.485	70.809.234	70.809.234	1.563.232.742	922.509.070
14	52.084.673	26.177.174	26.177.174	1.413.681.317	833.911.435
15	76.915.335	42.846.752	42.846.752	1.480.372.446	873.408.604
16	107.084.178	61.141.504	61.141.504	1.690.733.499	998.036.883
17	110.731.836	61.937.160	61.937.160	1.918.266.303	1.132.286.679
18	171.666.984	103.360.674	103.360.674	2.074.069.048	1.224.534.355
19	172.378.831	103.818.516	103.818.516	2.084.138.846	1.230.447.863
20	98.223.578	53.832.723	53.832.723	1.911.365.397	1.128.296.578
21	93.831.902	52.108.135	52.108.135	1.701.780.020	1.004.533.807
22	52.206.599	26.429.201	26.429.201	1.238.189.908	730.405.598
23	8.929.184	-1.645.508	-1.645.508	830.361.330	488.914.914
24	62.969.558	35.514.198	35.514.198	685.862.573	403.314.871
25	49.569.579	27.257.269	27.257.269	370.441.126	216.676.424
26	13.776	-6.798.754	-6.798.754	216.933.996	125.368.241
27	53.758.239	27.774.318	27.774.318	530.018.484	310.284.454
28	64.984.666	34.839.837	34.839.837	709.797.144	416.632.958
29	52.940.433	26.273.810	26.273.810	873.352.412	513.424.543
30	134.091.620	80.204.803	80.204.803	1.302.939.164	767.783.278
V. Actual	591.282.615	305.725.336	305.725.336	9.655.800.424	5.687.172.604

Nota: Precios referidos a abril de 2021.

Fuente: Elaboración propia.

8.2. Resultados

La evaluación económica de cada proyecto se resume en el Cuadro 8-2 a precios privados y sociales. mientras que los resultados específicos de se encuentran en el Anexo 10-1.

A precios privados ningún proyecto resulta rentable. No obstante, los resultados muestran que dos proyectos resultan rentables a precios sociales, El Galpón y Ránquil.

Se decidió analizar proyectos alternativos, liberando la restricción de llegar solamente a agricultores Prodesal. Se incluyó como alternativa a El Barco, dos proyectos de parcelas experimentales, con invernaderos, de 4.000 m² cada una. Los resultados de la evaluación a precios sociales fueron positivos, es decir, los proyectos resultaron rentables, según se muestra en Cuadro 8-2 siguiente.

Cuadro 8-2: Resultados evaluación económica

Precios Privados					
Alternativa	VAN (MM \$)	IVAN	VAN/Sup (MM \$/ha)	n/k	TIR (%)
1. Cementerio	-1.232,2	-1,16	-7,6	0,11	<0,02
2. El Barco	-939,6	-1,19	-64,2	0,08	<0,02
3. El Galpón	-415,8	-1,43	-28,1	0,18	<0,02
4. Ránquil	-12.943,4	-0,90	-43,3	0,23	2,34%
5. Rahuil	-9.716,5	-0,93	-55,0	0,18	1,27%
Precios Sociales					
Alternativa	VAN (MM \$)	IVAN	VAN/Sup (MM \$/ha)	n/k	TIR (%)
1. Cementerio	-181,1	-0,17	-7,50	0,11	4,92%
2. El Barco	-306,4	-0,48	-20,99	0,08	3,28%
3. El Galpón	98,4	0,43	6,65	1,23	7,48%
4. Ránquil	284,6	0,03	0,95	1,02	6,14%
5. Rahuil	-1.294,6	-0,16	-7,33	0,18	5,13%
6. Alternativa Cementerio	149,6	0,14	7,48	0,11	7,36%
7. Alternativa El Barco, 8 ha	44,4	0,33	5,55	0,08	7,09%
8. Alternativa El Barco, 4 ha	23,5	0,45	5,87	0,08	7,19%
9: Alternativa Emb. Rahuil	905,7	0,15	5,13	0,18	6,72%

Fuente: Elaboración propia.

9. PARTICIPACIÓN CIUDADANA

El proceso de participación ciudadana se desarrolló a lo largo del estudio, principalmente mediante encuentros y reuniones, tanto con Instituciones, como con Organizaciones y la Comunidad potencialmente vinculada a los alcances del estudio.

Cabe señalar que, debido a la situación socio-sanitaria y las restricciones de reunión dictaminadas por la autoridad sanitaria, debió flexibilizarse y adaptarse la metodología de trabajo de participación ciudadana, optando por espacios de encuentro virtual (cuando era posible) y reuniones con aforos reducidos, mediante sectorización.

De acuerdo al programa de participación ciudadana definido para el estudio, durante la etapa 1 se realizó la caracterización social del área de estudio, el contacto con actores claves y presentación del estudio a las Instituciones (Consejo Municipal y CRR), la visita inicial de terreno y una entrevista radial.

Debido a las restricciones sanitarias, se realizó encuesta de conectividad a las y los potenciales participantes de las reuniones definidas para la etapa 2, siendo el resultado que las reuniones deben ser presenciales. Se efectuaron reuniones sectorizadas, las cuales se presentan en Cuadro 9-1.

Cuadro 9-1: Reuniones Etapa 2

Tipo Reunión	Fecha	Hora	Lugar
Reunión equipo PRODESAL	miércoles 26 de mayo	11 horas	Ñipas
Reunión Rahuil	miércoles 26 de mayo	15 horas	Sede social
Reunión Zona 1	jueves 27 de mayo	11 horas	auditorio Ñipas
Reunión Zona 1	jueves 27 de mayo	15 horas	auditorio Ñipas
Reunión Capilla de Ránquil	viernes 28 de mayo	11 horas	sede social

Fuente: Elaboración propia.

Las etapas 3 y 4 estaban destinadas a desarrollar una nueva serie de reuniones de seguimiento, tanto en la zona priorizada como en la no priorizada. Dada la contingencia sanitaria, la electoral del año 2021 y la decisión de que los perfiles de proyecto debían tener el visto bueno por parte de la CNR antes de ser presentados a autoridades y regantes, las reuniones de seguimiento adoptaron un perfil distinto al originalmente pensado (presentar perfiles) y se optó por establecer un nuevo eje en la discusión: el componente legal asociado al proyecto.

Debido a las implicancias legales de los proyectos, vinculadas a la necesidad de cambiar el punto de captación y a evaluar el mejor formato para un eventual futuro traspaso de los derechos de agua actualmente en poder del municipio a los agricultores, se decidió iniciar en estas etapas una ronda de conversaciones con distintos agentes relevantes (municipio y DGA regional), para dialogar en torno a estos dos ejes, postergando la ronda de reuniones de seguimiento a los potenciales beneficiarios. Asimismo, como también se señaló, las elecciones locales definieron un cambio en la administración municipal, por lo que se decidió destinar una de las reuniones de seguimiento a presentar el proyecto a la nueva autoridad.

Finalmente, se concluyó las actividades de participación ciudadana presentando en instancias de cierre, tanto a las Instituciones involucradas, como a la comunidad los resultados del estudio.

10. PLATAFORMA SIG

Se detalla el desarrollo de un Sistema de Información Geográfica (SIG), con la información que ha sido levantada en el estudio, facilitando la integración de la información y la visualización de ella.

El proyecto SIG se tiene una estructura en directorios que ha sido diseñada en carpetas temáticas según lo solicitado por la CNR en el documento “Ficha y Campos SIG Unidad de Estudios v15”.

La información es presentada según la estructura indicada en el Cuadro 10-1.

Cuadro 10-1: Estructura SIG

Agrupación de la Información		Capa	Nombre Archivo	Descripción	Fuente	Fecha
OBRAS PROYECTADAS	-	Sitios preliminares	Sitios_proyectos_preliminares.shp	Ubicación sitios preliminares de interés para proyectos	Arrau Ingeniería	2022
	ALT1: Elevación Cementerio Uvas Blancas y otros	Impulsión	Impulsión_Centro_Cementerio.shp	Trazado obra impulsión	Arrau Ingeniería	2022
		Acumulación	Acumulación_Centro_Cementerio.shp	Polígono área inundación	Arrau Ingeniería	2022
		Conducción	Conducción_Centro_Cementerio.shp	Trazado obra conducción	Arrau Ingeniería	2022
	ALT2: Elevación Cementerio Uvas Blancas y otros	Impulsión	Impulsión_Centro_Cementerio_alt2.shp	Trazado obra impulsión	Arrau Ingeniería	2022
		Acumulación	Acumulación_Centro_Cementerio_alt2.shp	Polígono área inundación	Arrau Ingeniería	2022
		Conducción	Conducción_Centro_Cementerio_alt2.shp	Trazado obra conducción	Arrau Ingeniería	2022
	ALT1 Elevación el Barco y Otros	Impulsión	Imp_El_Barco_Impulsión.shp	Trazado obra impulsión	Arrau Ingeniería	2022
		Acumulación	Imp_El_Barco_Acumulación.shp	Polígono área inundación	Arrau Ingeniería	2022
		Conducción	Imp_El_Barco_Conduccion.shp	Trazado obra conducción	Arrau Ingeniería	2022
	ALT2 Elevación el Barco y Otros	Impulsión	Imp_El_Barco_Impulsión_alt2.shp	Trazado obra impulsión	Arrau Ingeniería	2022
		Acumulación	Imp_El_Barco_Acumulación_alt2.shp	Polígono área inundación	Arrau Ingeniería	2022
		Conducción	Imp_El_Barco_Conduccion_alt2.shp	Trazado obra conducción	Arrau Ingeniería	2022
	Elevación el Galpón	Impulsión	Imp_Galpon_Impulsión.shp	Trazado obra impulsión	Arrau Ingeniería	2022
		Acumulación	Imp_Galpon_Acumulación.shp	Polígono área inundación	Arrau Ingeniería	2022
		Conducción	Imp_Galpon_Conducción.shp	Trazado obra conducción	Arrau Ingeniería	2022
	Embalse Ránquil	Acumulación	Acumulación_embalse_ránquil.shp	Polígono área inundación	Arrau Ingeniería	2022
		Conducción	Conducción_embalse_ránquil.shp	Trazado obra conducción	Arrau Ingeniería	2022
	ALT1 Embalse Rahuil	Estanque	Estanque_embalse_Rahuil.shp	Polígono área inundación	Arrau Ingeniería	2022
		Acumulación	Acumulación_embalse_Rahuil.shp	Polígono área inundación	Arrau Ingeniería	2022
		Conducción	Conducción_embalse_Rahuil.shp	Trazado obra conducción	Arrau Ingeniería	2022
	ALT2 Embalse Rahuil	Estanque	Estanque_embalse_Rahuil_alt2.shp	Polígono área inundación	Arrau Ingeniería	2022
		Acumulación	Acumulación_embalse_Rahuil_alt2.shp	Polígono área inundación	Arrau Ingeniería	2022
		Conducción	Conducción_embalse_Rahuil_alt2.shp	Trazado obra conducción	Arrau Ingeniería	2022

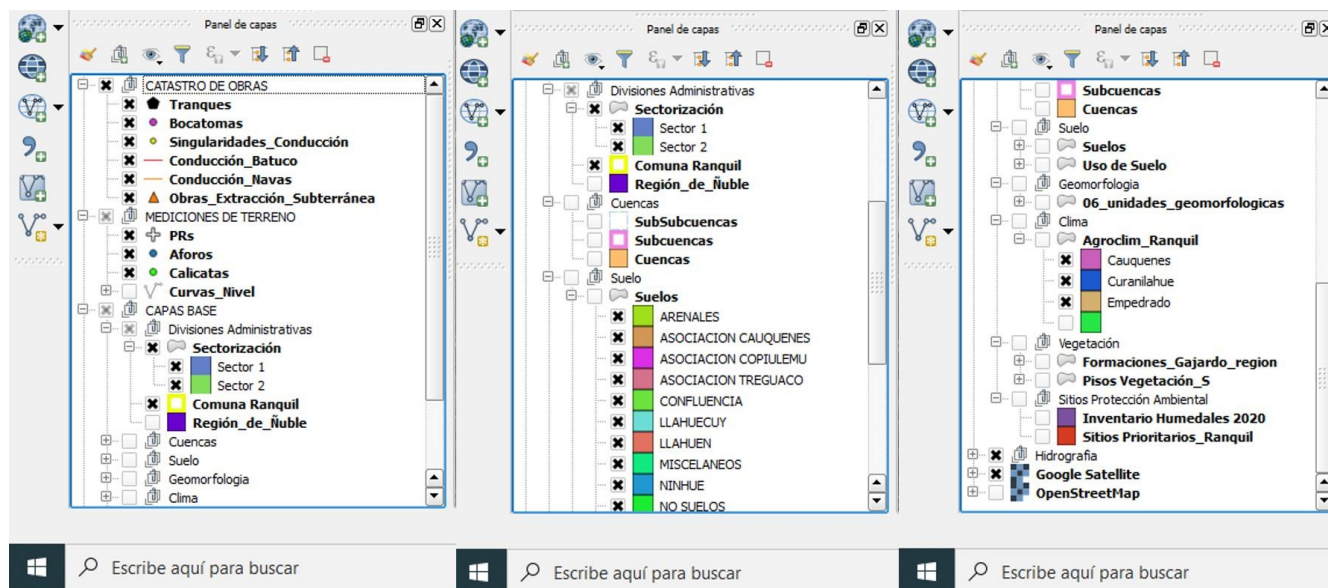
Cuadro 10-1: Estructura SIG

Agrupación de la Información		Capa	Nombre Archivo	Descripción	Fuente	Fecha
CATASTRO DE OBRAS		Conducción Batuco	Conducción_Batuco.shp	Catastro obra conducción	Arrau Ingeniería	2021
		Conducción Navas	Conducción_Navas.shp	Catastro obra conducción	Arrau Ingeniería	2021
		Tranques	Tranques.shp	Tranques Catastrados	Arrau Ingeniería	2021
		Bocatomas	Bocatomas.shp	Extracciones subterráneas catastradas	Arrau Ingeniería	2021
		Singularidades Conducción	Singularidades_Conducción.shp	Singularidades Catastradas	Arrau Ingeniería	2021
		Obras Extracción Subterránea	Obras Extracción Subterránea.shp	Catastro Pozos-Noria	Arrau Ingeniería	2021
MEDICIONES DE TERRENO		Encuestas Agronómicas	Encuestas_Agronómicas.shp	Encuesta simple agroeconómicas	Arrau Ingeniería	2021
		Aforos	Aforos_.shp	Aforos	Arrau Ingeniería	2021
		Calicatas	Calicatas.shp	Ubicación calicatas	Arrau Ingeniería	2021
TOPOGRAFÍA		PRs	PRS.shp	Ubicación PRs construidos	Arrau Ingeniería	2021
		Curvas de Nivel	Curvas_de_nivel_V3.shp	Curvas de nivel topografía de los sitios.	Arrau Ingeniería	2021
		Área Topografía	Área Topografía.shp	Área Topografía	Arrau Ingeniería	2021
		Ortomosaico Ránquil 50	Ortomosacio_Ránquil_50.ecw	Ortofoto	Arrau Ingeniería	2021
CAPAS BASE	División Territorial	Predios	Propiedades Ránquil	Propiedades Ránquil.cl	CIREN	-
		Sectorización	Sectorización	Sectorización Área de Estudio	TRs Estudio	2020
		Comuna Ránquil	Comuna Ránquil.shp	Comunas área de estudio	BCN	2014-2017-2018
		Región Ñuble	Region Ñuble.shp	Limites Regionales	BCN	2014-2017-2018
		Subsubcuencas	Subsubcuencas_BNA.shp	Subsubcuencas Chile	DGA	2014-2017-2018
		Subcuencas	Subcuencas_BNA.shp	Subcuencas Chile	DGA	2014-2017-2018
		Cuencas	Cuencas_BNA.shp	Cuencas Chile	DGA	2014-2017-2018
	Antecedentes Legales	DAA Constituidos	DDA_constituidos.shp	Ubicación de derechos de agua constituidos	DGA	2021
		DAA Regularizados	DAA_regularizados.shp	Ubicación de derechos de agua regularizados	DGA	2021
	Suelo	Suelos	suelos_R16_26979.shp	Estudio agrológico	CIREN	2014
		Uso de Suelo	CatastroRV_R08_2015.shp	Uso de Suelo	CONAF	2015

Cuadro 10-1: Estructura SIG

Agrupación de la Información	Capa	Nombre Archivo	Descripción	Fuente	Fecha
	Unidades Geomorfológicas	06_unidades geomofológicas.shp	Unidades Geomorfológicas	Albers C.	2015
	Clima	Agroclima Ránquil	Agroclimatico_Ránquil.shp	Atlas Agroclimático U. de Chile, 2017 (VII y VI)	Universid ad de Chile (AGRIMED)
	Vegetación	Formaciones Vegetacionales	Formaciones_Gajardo_region.shp	Formaciones Vegetacionales	R. Gajardo - SINIA, CONAMA
		Pisos Vegetacionales	Pisos Vegetación_S.shp	Pisos vegetacionales	P. Pliscoff y F. Lubert - SINIA, CONAMA
	Hidrografía	Hidro Ránquil	Hidro_Ránquil.shp	Red Hidrográfica Maule	BCN
		Hidro Ñuble	fuentes_ñuble.shp	Red Hidrográfica Área de estudio	BCN
	Sitios Protección Ambiental	Inventario Humedales 2020	Inventario Humedales 2020.shp	Humedales	MMA
		Sitios Prioritarios Ránquil	Sitios Prioritarios_Ránquil.shp	Sitios prioritarios	MMA

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 10-1. Disposición de contenidos Panel de Capas**

Fuente: Elaboración propia.

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se ha desarrollado un completo estudio sobre el riego en la comuna de Ránquil y de sus posibilidades de expansión.
- La comuna tiene una gran vocación productiva y su clima y suelos permiten el cultivo de una amplia gama de especies, pero la principal limitante es la carencia de agua segura para la práctica de una agricultura sustentable. En esta comuna existen sólo pequeñas superficies regadas con pozos de bajo caudal, a partir de los cuales, cultivan algunas chacras y huertos frutales de autoconsumo.
- El último Censo agropecuario (2007) da cuenta que la comuna de Ránquil cuenta con una superficie agrícola de 9.505,9 ha, representadas por un total de 661 predios, de los cuales, el 99% se encuentran activos en el rubro agrícola. La estratificación predial da cuenta que aproximadamente el 64% corresponden a predios inferiores a 5 ha y el 87% a predios inferiores a 20 ha.
- Además de la producción vitivinícola, la comuna es productora de hortalizas, frutas, cereales, leguminosas y tubérculos, destacando, por ejemplo, la producción de tomates, papas, cerezos, olivos, trigo y maíz. Existen interesantes emprendimientos en la producción de aceite de Oliva y, progresivamente, se ha buscado otorgar valor a la producción, generando vino embotellado, lo que ha sido impulsado por agencias locales de desarrollo y por el propio municipio.
- La comuna no cuenta con estadísticas fluviométricas, y tampoco se encontraron cuencas cercanas de características similares que tuviesen la información requerida, por lo que fue necesario efectuar una hidrología sobre la base de relaciones empíricas de relación precipitación-escorrentía, para determinar los escurrimientos en las diferentes cuencas, lo que indica que los resultados no tienen gran precisión. Se realizaron también aforos, con la finalidad de evaluar el recurso y calibrar los modelos, pero finalmente se decidió no usarlos por corresponder a un año muy seco, poco representativo. Respecto a los antecedentes referidos a la hidrogeología, si bien tenían la finalidad de complementar el estudio del recurso subterráneo, no fue necesario evaluarlo, por cuanto se descartó su uso, debido a que los antecedentes revisados en terreno, permitieron determinar que la napa estaría al límite y, un mayor uso de ella la dejaría sobre explotada, generándose un riesgo que involucraría la falta del recurso en varias norias que quedarían “colgadas”.
- El estudio incluyó un levantamiento LIDAR para toda la comuna, del cual pueden obtenerse curvas de nivel cada 1 metro. Este levantamiento podría ser de utilidad para otros tipos de proyectos de desarrollo en la comuna, pudiendo aprovecharse, además, en el estudio de prefactibilidad de los proyectos analizados, verificando algunos puntos relevantes, por ejemplo, como desniveles reales para las elevaciones. En el caso de abordar el diseño definitivo de las alternativas de proyectos analizadas, se recomienda efectuarse una topografía de detalle.

- Se hizo un acabado estudio legal, que terminó recomendando la forma de traspaso de los derechos de agua que tiene la I. Municipalidad de Ránquil, la cual se encuentra facultada para transferir su derecho de aprovechamiento de aguas inscrito a fojas 25 N° 25, del Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Coelemu del año 2008. En el caso de una donación irrevocable del derecho de aprovechamiento, debe otorgarse por escritura pública que suscribirá el alcalde, y copia autorizada de dicho título traslativo debe inscribirse en el Registro de Propiedad del Conservador de Bienes Raíces de Coelemu.
- Se hicieron estudios de uso del suelo, recomendándose diferentes especies para las diferentes series de suelos encontradas y analizadas.
- Se efectuaron estudios agronómicos que determinaron las tasas de riego, resultando en promedio una tasa del orden de 11.000 m³/ha/año.
- Se efectuó una revisión de la infraestructura actual de obras de riego, generándose un catastro que da cuenta de la escasa presencia de este tipo de obras en el área de estudio. Particularmente las obras comunitarias de conducción de agua superficial se limitan a dos casos, Conducción en sector Navas y Conducción en sector Batuco, ambos hoy en día con un aprovechamiento del recurso para fines de consumo y riego. Las obras de acumulación por su parte, se restringen sólo a obras de uso privado. Siendo el recurso disponible básicamente superficial, proveniente de esteros, quebradas y vertientes, indudablemente las obras existentes de acumulación son insuficientes y debe invertirse en ellas y en las obras de conducción desde estas. En cuanto a las obras de extracción de agua subterránea, los resultados dan cuenta de un uso principalmente de tipo noria, puntera y pozos profundos. Este último tipo con mayor presencia en los últimos años gracias al apoyo de proyectos de agua potable rural desde la municipalidad, así como también por proyectos de riego impulsados por PRODESAL e INDAP. Por su parte, los resultados de medición en terreno, dan cuenta de una capacidad de extracción limitada del recurso subterráneo, lo cual, pudiese estar asociado a una condición de fragilidad de la napa que conlleve eventualmente a su sobreexplotación.
- En relación a las actividades de Participación Ciudadana desarrolladas, se llevaron a cabo contactos y encuentros, tanto con Instituciones como con organizaciones, debiendo actuar con flexibilidad y adecuando aspectos metodológicos cuando el contexto socio-sanitario lo requirió, debido a la situación de pandemia presente en el periodo de desarrollo del estudio. Así, se privilegiaron encuentros virtuales con Instituciones y reuniones parceladas, con manejo de aforos con las organizaciones y agricultoras/es.
- Se sugiere en etapas posteriores, mantener informado y por sobre todo involucrado al Municipio, ya que como se concluyó en el estudio legal, se encuentra facultada para transferir su derecho de aprovechamiento de aguas inscrito a fojas 25 N° 25, del Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Coelemu del año 2008.

- Se estudió la calidad de las aguas superficiales, resultando en general de muy buena calidad para el riego, lo que se expresa en valores de parámetros medidos en laboratorio, bajo la norma NCH1333. En este sentido, la adaptabilidad de cultivos a esta calidad de agua es plena, no siendo en ningún caso una limitante para la implementación de rubros agrícolas.
- En relación con las y los agricultores de las Zonas 1 y 2, considerar que las actividades deben realizarse de manera presencial, evaluando las restricciones de actividades tradicionales/culturales/económicas, como la vendimia.
- Respecto a la situación ambiental en el área de estudio, se destaca sólo un Sitio Prioritario para la Conservación de la Biodiversidad, correspondiente al Cerro Cayumanque, área compartida entre las comunas de Ránquil y Quillón, la cual no tendría afectación por las alternativas de proyectos analizadas. El análisis del área de influencia de los proyectos determinó la existencia de zonas que por sus características de sensibilidad ambiental deberían mantener restricciones de uso que aseguren el menor impacto en ellos, lo cual, se recomienda sea corroborado en etapas posteriores de análisis, con antecedentes de mayor precisión recopilados en terreno, destacándose la intervención en humedales, cursos de agua y zonas colindantes a estos. A partir de los antecedentes analizados se considera que los proyectos a nivel de perfil evaluados, deben ser ingresados al SEIA preliminarmente bajo la modalidad de una DIA, lo cual, se estima debe ser corroborado y modificado si es necesario, en función de los resultados que arroje una próxima etapa de estudio a un nivel de mayor detalle, en el cual, se contemple una línea de base para el análisis de los componentes ambientales de interés.
- Sobre los derechos de agua, se obtuvo toda la información relativa, tanto para aguas superficiales como subterráneas, a la fecha de resolución e inscripción en el CBR, el tipo del derecho, el ejercicio del derecho, la fuente hídrica, los caudales, el nombre del o la titular, además de cruzar la información con los registros del Catastro Público de Aguas (CPA) y el Sistema Nacional de Información del Agua (SNIA), ambos de la DGA.
- No existen OUAs registradas en la DGA cuyas bocatomas se ubiquen dentro del territorio de Ránquil. No se encontraron tampoco OUAs de hecho en el territorio.
- De acuerdo con el contexto agroclimático, se definieron las especies de cultivos más adaptables, a 2 contextos microclimáticos claramente diferenciables en el área de estudio, que son el contexto de ladera y el contexto de valles y planicies, la que se entrega en cuadro siguiente:

Contexto Microclimático	Especies adaptadas
Lomaje y laderas	Limonero - Palto - Papayo
Valles y planicies	Arándano - Cerezo - Grosella - Nogal - Olivo - Kaki - Manzano
Ambos contextos	Almendro - Avellano europeo - Ciruelo - Damasco - Duraznero - Frutilla - Frambuesa - Higuera - Membrillo - Peral - Vid - Castaño

También, se entregó recomendaciones de los cultivos adaptables según los diferentes tipos de suelos encontrados y analizados.

- Los métodos de riego de mayor uso en el área de estudio, respecto a la superficie involucrada, corresponden principalmente al riego por goteo y el riego por surco, con un 38% y un 37% de superficie regada respectivamente.
- El estudio de las obras factibles de regar, se remitió a dos tipos de obras: Elevaciones directas desde el río Itata, y construcción de embalses de regulación estacional para aprovechar los recursos de invierno. No se recomienda aumentar la explotación de los recursos subterráneos, por cuanto el nivel de las napas bajaría, dejando “colgados” a varios de los actuales usuarios.
- Dentro de las obras para elevación de aguas del río Itata, se definieron 6 alternativas, analizándose en detalle 3 de ellas, definidas como las mejores para aprovechar los 98 L/s que dispone la I. Municipalidad de Ránquil:
 - 1) El Galpón y Otros, beneficiaría a 14,8 ha correspondientes a 8 predios (1,85 ha/predio). Tiene un costo de MM\$289,8 a precios privados y MM\$230,6 a precios sociales.
 - 2) El Barco y Otros, beneficiaría 14,64 ha correspondientes a 26 predios (0,56 ha/predio). Tiene un costo de MM\$792,8 a precios privados y MM\$635,6 a precios sociales.
 - 3) Cementerio y Otros, beneficiaría a 24 ha, correspondientes a 34 predios (0,70 ha/predio). El costo total asciende a la cantidad de MM\$1.062,1 a precios privados y MM\$848,5 a precios sociales.
- Dentro de las obras de embalse para regulación estacional, de una angostura posible, visualizadas sobre la base del levantamiento LIDAR, se realizó una selección de 18 sitios, los que fueron analizados bajo una serie de consideraciones propias de este tipo de análisis, concluyéndose finalmente en la recomendación de dos de ellos:
 - 1) Embalse Ránquil, que con una capacidad útil de 1.660.353 m³ puede abastecer una superficie de riego de 299 ha con seguridad 85%. Tiene 31 m de altura y su costo a precios privados es de MM\$14.306,9, en tanto que a precios sociales es de MM\$10.448,7. El sistema de entregas, concebido a base de conductos cerrados con tuberías de HDPE, tiene un costo de MM\$ 7.725,1 a precios privados y de MM\$ 6.164,1 a precios sociales.
 - 2) Embalse Rahuil, que con una capacidad útil de 1.242.000 m³ puede abastecer 176 ha de riego con 85% de seguridad. Tiene una altura de 10 m y su costo total de obras es de MM\$10.422,9 a precios privados y de MM\$7.963,3 a precios sociales. Por su parte, el sistema de entregas, o de distribución, tiene un costo a precios privados de MM\$6.116,6 y de MM\$4.921,5 a precios sociales.

- Se evaluaron económicamente los 5 proyectos, 3 de elevación y 2 embalses, resultando rentables a precios sociales los proyectos El Galpón y Ránquil. Como se puede apreciar, 2 proyectos de impulsión resultaron no rentables, y ello se debió fundamentalmente a lo esparcidos que se encuentran los agricultores de Prodesal, teniendo implicancia directa en los elevados costos de las obras de conducción. El otro proyecto no rentable fue el embalse Rahuil, siendo varias las razones de ello, como, por ejemplo, su distancia a la zona de Rahuil, además, las cotas de los predios a regar son mayores a las del embalse, por lo que es necesario elevar también las aguas para su distribución a los predios, es decir, el riego del embalse no es gravitacional. Por último, al igual que en los proyectos de impulsión, un factor determinante en la rentabilidad del proyecto son los costos considerados en las obras de conducción, debido a la ubicación distanciada en que se encuentran los agricultores Prodesal en la zona.
- Se recomienda seleccionar los proyectos de El Galpón y Embalse Ránquil, y continuar con estas iniciativas a nivel de prefactibilidad. También, los proyectos Cementerio y embalse Rahuil, porque llegan a zonas de gran interés manifestado por los potenciales beneficiarios, y su rentabilidad social no es tan baja. En estricto rigor, todos pueden llevarse a un análisis más profundo de prefactibilidad, incluso El Barco, pero la recomendación prioritaria es el avance de los proyectos indicados. Cabe destacar que, todos los proyectos tienen un carácter social relativamente parecido, debido a que no se planteó el riego de grandes superficies para un determinado predio.
- Dado que 3 proyectos resultaron no rentables, se optó por diseñar alternativas a ellos, liberando la restricción de entregar agua para riego sólo a agricultores Prodesal, lo cual significó, además, la disminución de las longitudes de tramos de conducción proyectados. De igual forma, se aprovechó de incluir una idea que considera experimentar con invernaderos en superficies pequeñas. Los ajustes considerados en los proyectos alternativos determinaron que todos ellos resultaran rentables.
- Se generó un Sistema de Información Geográfica (SIG) donde se incorporan los antecedentes de mayor relevancia utilizados para el análisis espacial de los proyectos propuestos. El SIG cuenta con antecedentes bases del territorio, recopilados a partir de registros de organismo e instituciones, así como también, antecedentes recopilados en terreno. De igual forma se incorporaron los diferentes proyectos evaluados en el presente estudio, permitiendo una comprensión territorial de las propuestas de obras analizadas.
- Se recomienda para etapa posterior de análisis (estudio de prefactibilidad) incluir:
 - 1) Definición de los beneficiarios, solicitándoles una carta de interés.
 - 2) Verificación de las cotas principales, previo uso de topografía.
 - 3) Definición de las áreas de cultivos y sus demandas, de acuerdo a interés de beneficiarios.
 - 4) Definición de las horas de riego y determinación de capacidad de estanque regulador.

- 5) Adecuación del diseño, incluyendo sistema de distribución y elevación, según horas
- 6) Actualización de precios y tres cotizaciones por los equipos de elevación
- 7) Elaboración del presupuesto y evaluación económica.