CNR
Ministerio de Agricultura

Gobierno de Chile

MÁS Y MEJOR
RIEGO PARA CHILE

# ESTUDIO BÁSICO
# "DIAGNÓSTICO RECURSOS HÍDRICOS EN RIEGO SUSTENTABLE CUENCA LOA Y SALADO"

# INFORME FINAL

**SANTIAGO, DICIEMBRE DE 2017**

CNR
Ministerio de Agricultura

Gobierno de Chile

MÁS Y MEJOR
RIEGO PARA CHILE

# ESTUDIO BÁSICO
# "DIAGNÓSTICO RECURSOS HÍDRICOS EN RIEGO SUSTENTABLE CUENCA LOA Y SALADO"

## INFORME FINAL

Estudio Elaborado por:

ARRAU
Ingeniería SpA

**SANTIAGO, DICIEMBRE DE 2017**

# Equipo participante:

## Equipo Comisión Nacional de Riego:

**María Loreto Mery Castro**
Secretaria Ejecutiva:

**Jaime Yañez Acevedo**
Jefe División de Estudios, Desarrollo y Políticas

**Wilhelm Gruss Ulloa**
Coordinador Unidad de Estudios

**César Navarrete Urrutia**
Coordinador de Estudio:

## Equipo Arrau Ingeniería Spa:

**Felipe Espinoza**
Jefe del Estudio y Especialista Evaluación Económica

**Betsabé Gallardo**
Coordinadora del Estudio

**Jorge Olave**
Especialista Calidad Suelos

**Yuri Castillo**
Especialista Modelación

**Rodrigo Alvear**
Especialista Agroeconómico

**Rodrigo Carrasco**
Especialista Hidrogeneración

**Claudia Lizana**
Encargada PAC

**Raúl Espinosa**
Profesional PAC

**Denisse Santibáñez**
Profesional Estudio Agroeconómico

**José Astudillo**
Profesional Estudio Agroeconómico

**Valeska Cárcamo**
Encargada Análisis SIG

**Francisco Camus**
Especialista SIG

**Camilo González**
**Eduardo Sánchez**
Técnicos

# ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO"

## INFORME FINAL

## ÍNDICE


| Acápite | Descripción | Página |
|---|---|---|
| **1.** | **INTRODUCCIÓN AL INFORME FINAL** | **1-1** |
| 1.1. | INTRODUCCIÓN | 1-1 |
| 1.2. | OBJETIVOS DEL ESTUDIO | 1-2 |
| 1.2.1. | Objetivo General | 1-2 |
| 1.2.2. | Objetivos Específicos | 1-3 |
| 1.3. | ÁREA DE ESTUDIO | 1-4 |
| 1.4. | ÁRBOL DE PROBLEMAS ÁREA DE ESTUDIO | 1-7 |
| 1.5. | CONTENIDO DEL INFORME | 1-11 |
| **2.** | **REVISIÓN Y ANÁLISIS DE ANTECEDENTES** | **2-1** |
| 2.1. | INTRODUCCIÓN | 2-1 |
| 2.2. | ESTUDIOS GENERALES | 2-3 |
| 2.2.1. | Plan de Gestión de Riego Región de Antofagasta, CNR – AMPHOS 21., 2017 | 2-3 |
| 2.2.2. | Estudio de Prefactibilidad "Alternativas de Obras de Regulación y Control de Crecidas en la Hoya del Río Salado (Afluente del Río Loa), Región de Antofagasta", DOH – Arrau Ingeniería EIRL, 2014. | 2-4 |
| 2.2.3. | Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta, DGA - Arrau Ingeniería EIRL, 2012 | 2-7 |
| 2.2.4. | Catastro de Obras de Riego y Elaboración del Plan de Inversiones al Año 2018 Zona Norte. Regiones de Arica y Parinacota a Metropolitana. Informe Final. Catastro de Obras de Riego y Rehabilitación de Obras Menores de Riego. PROMM.- Santiago: PROCIVIL, 2009 | 2-8 |
| 2.2.5. | Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cursos de Agua Según Objetivos de Calidad, Cuenca del Río Loa. Cade-Idepe, 2004 | 2-10 |
| 2.2.6. | Diagnóstico del Riego y Drenaje en la II Región, CNR - AC INGENIEROS CONSULTORES LTDA., 2003 | 2-10 |
| 2.2.7. | Ministerio de Obras Públicas Dirección General de Aguas Departamento de Estudios y Racionalización, Estudio de Racionalización del Área de Riego del Río Loa II Región de Chile, hans Niemeyer Fernández, 1979 | 2-11 |
| 2.3. | ANTECEDENTES DE CARACTERIZACIÓN AGROPRODUCTIVA | 2-12 |
| 2.3.1. | Introducción | 2-12 |
| 2.3.2. | Antecedentes Generales | 2-12 |
| 2.3.3. | Diagnóstico y Propuesta de Fomento a la Agricultura Regada en la II Región, CNR y Gobierno Regional II Región-GEOFUN PROCIVIL, 2000 | 2-14 |
| 2.3.4. | Agricultura en el desierto de la II Región de Chile. Proyecto agrícola San Pedro de Atacama. Calama. Universidad Arturo Prat. Ilustre Municipalidad de San Pedro de Atacama. Jornada de Difusión Agrícola, 2000 | 2-16 |
| 2.3.5. | Consultoría DEP-015 "Diagnóstico Obras de Riego Pueblos Hoya Río Salado, II Región"; Dirección de Riego, 1995 | 2-17 |
| 2.3.6. | Diagnóstico del Uso y Evaluación de Recursos Suelo, Clima y Agua en Comunidades Étnicas de la Provincia del Loa. Fundación Chile. 1993 | 2-18 |
| 2.4. | ANTECEDENTES DE DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS (DAA) | 2-18 |
| 2.4.1. | Antecedentes Generales | 2-18 |
| 2.4.2. | Situación Actual de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas | 2-19 |

# ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO"

## INFORME FINAL

## ÍNDICE


| Acápite | Descripción | Página |
|---|---|---|
| **3.** | **CARACTERIZACIÓN SOCIAL DEL ÁREA DE ESTUDIO Y COORDINACIÓN CON COMUNIDADES** | **3-1** |
| 3.1. | INTRODUCCIÓN | 3-1 |
| 3.2. | CARACTERIZACIÓN SOCIO TERRITORIAL | 3-1 |
| 3.2.1. | Aspectos Generales | 3-1 |
| 3.2.2. | Descripción General del Área | 3-2 |
| 3.2.3. | Antecedentes Demográficos | 3-3 |
| 3.2.4. | Descripción Socioeconómica | 3-5 |
| 3.2.5. | Condiciones de Vida de la Población | 3-9 |
| 3.2.6. | Diagnóstico y Análisis de Pertinencia Indígena | 3-11 |
| 3.3. | COORDINACIÓN CON COMUNIDADES | 3-15 |
| 3.3.1. | Introducción | 3-15 |
| 3.3.2. | Estrategia de Intervención | 3-16 |
| 3.3.3. | Actividades Desarrolladas en el Oasis de Calama | 3-17 |
| 3.3.3.1. | Generalidades | 3-17 |
| 3.3.3.2. | Contactos Iniciales con Dirigentes de la ASAC | 3-18 |
| 3.3.3.3. | Entrevistas con Actores Clave | 3-21 |
| 3.3.4. | Actividades en el Área de Desarrollo Indígena Alto el Loa | 3-25 |
| 3.3.5. | Presentación de Resultados a Actores Relevantes | 3-31 |
| 3.3.5.1. | Introducción | 3-31 |
| 3.3.5.2. | Primera Ronda de Reuniones de Presentación de Resultados | 3-32 |
| 3.3.5.3. | Segunda Ronda de Reuniones de Presentación de Resultados | 3-46 |
| 3.3.6. | Matriz de Actores Relevantes | 3-49 |
| 3.4. | CONCLUSIONES | 3-57 |
| | | |
| **4.** | **CATASTRO Y MUESTREO DE CALIDAD DE AGUAS** | **4-1** |
| 4.1. | INTRODUCCIÓN | 4-1 |
| 4.2. | ANÁLISIS DE ANTECEDENTES DE ESTUDIOS ANTERIORES Y DATOS HISTÓRICOS DGA | 4-1 |
| 4.2.1. | Análisis de Antecedentes de Estudios Anteriores | 4-1 |
| 4.2.1.1. | Norma Chilena 1.333 de Calidad de Aguas | 4-1 |
| 4.2.1.2. | Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad: Cuenca del Río Loa | 4-2 |
| 4.2.1.3. | Otros Antecedentes | 4-7 |
| 4.2.2. | Datos Históricos DGA | 4-9 |
| 4.2.2.1. | Aspectos Generales | 4-9 |
| 4.2.2.2. | Río Loa en Salida Embalse Conchi | 4-13 |
| 4.2.2.3. | Río Loa Antes Junta Río Salado | 4-14 |
| 4.2.2.4. | Río Loa en Yalquincha | 4-16 |
| 4.2.2.5. | Río Loa en Finca | 4-18 |
| 4.2.2.6. | Río Salado en Sifón Ayquina | 4-21 |
| 4.2.2.7. | Río Toconce antes Represa Sendos | 4-23 |
| 4.3. | TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS DE LABORATORIO | 4-24 |
| 4.3.1. | Aspectos Generales | 4-24 |

# ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO"

## INFORME FINAL

## ÍNDICE


| Acápite | Descripción | Página |
|---|---|---|
| 4.3.2. | Toma de Muestras | 4-31 |
| 4.3.3. | Resultados de la Primera Campaña de Monitoreo de Calidad de Aguas | 4-31 |
| 4.3.4. | Resultados de la Segunda Campaña de Monitoreo de Calidad de Aguas | 4-36 |
| 4.4. | ANÁLISIS TERRITORIAL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO | 4-40 |
| 4.4.1. | Aspectos Generales | 4-40 |
| 4.4.2. | Conductividad Eléctrica (CE) | 4-41 |
| 4.4.3. | Arsénico | 4-47 |
| 4.4.4. | Boro | 4-53 |
| 4.4.5. | Cloruro | 4-60 |
| 4.4.6. | Tramos Representativos de Calidad de Aguas | 4-65 |
| 4.5. | CASO DE ESTUDIO: PLANTA DE ABATIMIENTO DE BORO Y ARSÉNICO | 4-71 |
| **5.** | **CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS** | **5-1** |
| 5.1. | INTRODUCCIÓN | 5-1 |
| 5.2. | ESTRUCTURA DEL DIAGNÓSTICO EN TERRENO | 5-1 |
| 5.3. | METODOLOGÍA DE MUESTREO E INTERPRETACIÓN ANÁLISIS DE LABORATORIO | 5-2 |
| 5.4. | CAMPAÑAS DE TERRENO Y RESULTADOS | 5-4 |
| 5.5. | RESULTADOS Y DIAGNÓSTICO DE ANÁLISIS DE SUELOS | 5-8 |
| 5.5.1. | Aspectos Generales | 5-8 |
| 5.5.2. | Calama | 5-10 |
| 5.5.3. | Chiu Chiu y Lasana – Turi, Ayquina y Paniri | 5-16 |
| **6.** | **CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA** | **6-1** |
| 6.1. | INTRODUCCIÓN | 6-1 |
| 6.2. | IDENTIFICACIÓN DE CUENCAS APORTANTES A LOS PUNTOS DE INTERÉS | 6-1 |
| 6.3. | IDENTIFICACIÓN DE ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO | 6-2 |
| 6.3.1. | Disponibilidad de Datos | 6-2 |
| 6.3.2. | Relleno de Datos | 6-7 |
| 6.4. | ANÁLISIS DE ESTADÍSTICAS HIDROMETEOROLÓGICAS | 6-8 |
| 6.4.1. | Información Pluviométrica | 6-8 |
| 6.4.2. | Información de Temperaturas | 6-9 |
| 6.4.3. | Información Fluviométrica | 6-10 |
| 6.5. | PÉRDIDAS DEL SISTEMA | 6-11 |
| 6.6. | ENFOQUE PARA LA MODELACIÓN HIDROLÓGICA | 6-15 |
| 6.6.1. | Pasos a Seguir | 6-15 |
| 6.6.2. | Descripción del Modelo GR2M | 6-16 |
| 6.7. | CALIBRACIÓN MODELO GR2M | 6-19 |
| 6.7.1. | Generación de series de Precipitación mensual | 6-19 |
| 6.7.2. | Estimación de la Evapotranspiración Potencial | 6-21 |
| 6.7.3. | Resultados de la Calibración | 6-25 |
| 6.7.4. | Modelación del Período Completo en la Cuenca de Calibración (1986-2015) | 6-30 |
| 6.7.5. | Generación de Caudales Mensuales en Cuencas No Controladas del Área de Estudio | 6-32 |

# ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO"

## INFORME FINAL

## ÍNDICE


| Acápite | Descripción | Página |
|---|---|---|
| **7.** | **SITUACIÓN ACTUAL AGROPECUARIA** | **7-1** |
| 7.1. | INTRODUCCIÓN | 7-1 |
| 7.2. | TAMAÑO DE LA PROPIEDAD AGRÍCOLA | 7-1 |
| 7.3. | ANTECEDENTES PRODUCTIVOS | 7-5 |
| 7.3.1. | Actividad Agrícola | 7-5 |
| 7.3.2. | Actividad Ganadera | 7-12 |
| 7.4. | SISTEMAS DE RIEGO INTRAPREDIAL | 7-13 |
| 7.5. | CLIMA Y AGROCLIMA | 7-16 |
| 7.5.1. | Generalidades | 7-16 |
| 7.5.2. | Distritos Agroclimáticos | 7-16 |
| 7.5.3. | Adaptabilidad Climática de los Cultivos | 7-23 |
| 7.6. | USO DEL SUELO | 7-31 |
| 7.7. | DEMANDAS DE AGUA ACTUALES PARA USO AGRÍCOLA | 7-32 |
| 7.7.1. | Evapotranspiración Potencial y Real | 7-32 |
| 7.7.2. | Demanda Neta de Agua de Riego | 7-34 |
| 7.7.3. | Eficiencias de Riego | 7-36 |
| 7.7.4. | Tasas de Riego | 7-37 |
| 7.7.5. | Demanda Bruta y Tasa de Riego Ponderada | 7-39 |
| 7.7.6. | Requerimientos de Lixiviación y Demanda Bruta Final | 7-45 |
| 7.8. | ENTREVISTAS DE CARACTERIZACIÓN | 7-55 |
| 7.9. | CARACTERIZACIÓN PRODUCTIVA | 7-57 |
| 7.9.1. | Aspectos Generales | 7-57 |
| 7.9.2. | Sector de Calama | 7-57 |
| 7.9.3. | Sector de Chiu Chiu | 7-63 |
| 7.9.4. | Sector de Caspana | 7-66 |
| 7.9.5. | Resumen del Área de Estudio | 7-71 |
| 7.10. | CARACTERIZACIÓN ECONÓMICA | 7-75 |
| 7.10.1. | Fichas Técnico Económicas | 7-75 |
| 7.10.2. | Ingreso, Costos y Margen Bruto | 7-77 |
| 7.11. | ESTUDIO DE MERCADO, COMERCIALIZACIÓN Y PRECIOS | 7-78 |
| 7.11.1. | Antecedentes Generales | 7-78 |
| 7.11.2. | Forrajeras, hortalizas y cereales | 7-81 |
| 7.11.2.1. | Alfalfa | 7-81 |
| 7.11.2.2. | Zanahoria | 7-84 |
| 7.11.2.3. | Choclo | 7-86 |
| 7.11.2.4. | haba | 7-90 |
| 7.11.2.5. | Acelga | 7-92 |
| 7.11.2.6. | Quínoa | 7-95 |
| 7.11.2.7. | Ovinos | 7-97 |
| 7.11.3. | Consideraciones Finales del Estudio de Mercado | 7-99 |

# ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO"

## INFORME FINAL

## ÍNDICE


| Acápite | Descripción | Página |
|---|---|---|
| **8.** | **CARACTERIZACIÓN DE INFRAESTRUCTURA ACTUAL DE RIEGO** | **8-1** |
| 8.1. | ASPECTOS GENERALES | 8-1 |
| 8.2. | ZONA DE RIEGO CALAMA | 8-2 |
| 8.2.1. | Descripción General de la Red de Riego | 8-2 |
| 8.2.2. | Canal Dupont | 8-4 |
| 8.2.3. | Canal La Prensa | 8-6 |
| 8.2.4. | Canal Núñez | 8- 8 |
| 8.2.5. | Canal Topater | 8- 9 |
| 8.2.6. | Canal Cascada | 8-11 |
| 8.2.7. | Canal El Tronco | 8-12 |
| 8.2.8. | Canal Tambores | 8-13 |
| 8.2.9. | Canal Bilbao | 8-14 |
| 8.2.10. | Canal Berna | 8-16 |
| 8.2.11. | Canal Chañar | 8-17 |
| 8.2.12. | Canal Coco La Villa | 8-18 |
| 8.2.13. | Canal Quinta El Bosque | 8-20 |
| 8.2.14. | Canal Radic | 8-22 |
| 8.2.15. | Canal Derivado Radic | 8-24 |
| 8.2.16. | Canal Cobija | 8-26 |
| 8.2.17. | Canal Cerro Negro | 8-27 |
| 8.2.18. | Canal Cerro Negro Nor Oriente | 8-29 |
| 8.2.19. | Canal Cerro Negro Sur Poniente | 8-30 |
| 8.2.20. | Canal Aconcagua | 8-32 |
| 8.2.21. | Canal Aconcagua Norte | 8-34 |
| 8.2.22. | Canal Aconcagua Sur | 8-35 |
| 8.2.23. | Canal Chunchuri Bajo | 8-37 |
| 8.2.24. | Canal Lomas Bayas – FFCC | 8-39 |
| 8.2.25. | Canal Choque | 8-40 |
| 8.2.26. | Canal Tejerina | 8-42 |
| 8.2.27. | Canal Lay-Lay | 8-43 |
| 8.2.28. | Canal Chunchuri Alto | 8-44 |
| 8.2.29. | Canal Likantatay | 8-46 |
| 8.2.30. | Canal Derivado 1 | 8-48 |
| 8.2.31. | Canal Derivado 2 | 8-49 |
| 8.2.32. | Canal Sumac Llajta | 8-51 |
| 8.2.33. | Canal Lay Lay La Banda Sector 1 | 8-53 |
| 8.2.34. | Canal Lay Lay La Banda Sector 2 | 8-54 |
| 8.2.35. | Canal Lay Lay La Banda 1 | 8-56 |
| 8.2.36. | Canal Lay Lay La Banda 2 | 8-58 |
| 8.2.37. | Canal Lay Lay La Banda 3 | 8-59 |
| 8.3. | ZONA DE RIEGO YALQUINCHA | 8-61 |
| 8.3.1. | Descripción General de la Red de Riego | 8-61 |

# ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO"

## INFORME FINAL

## ÍNDICE


| Acápite | Descripción | Página |
|---|---|---|
| 8.3.2. | Canal Yalquincha Norte | 8-63 |
| 8.3.3. | Canal Yalquincha Sur | 8-64 |
| 8.4. | ZONA DE RIEGO AYQUINA | 8-66 |
| 8.4.1. | Descripción General de la Red de Riego | 8-66 |
| 8.4.2. | Canal Ayquina Derecho | 8-67 |
| 8.4.3. | Canal Ayquina Izquierdo | 8-69 |
| 8.5. | ZONA DE RIEGO LASANA – CHIU CHIU | 8-71 |
| 8.5.1. | Descripción General de la Red de Riego | 8-71 |
| 8.5.2. | Canal Los Perales | 8-73 |
| 8.5.3. | Canal Los Ramírez | 8-75 |
| 8.5.4. | Canal Pona | 8-77 |
| 8.5.5. | Ramal Pona | 8-79 |
| 8.5.6. | Canal San Antonio | 8-81 |
| 8.5.7. | Canal Quilchiri | 8-83 |
| 8.5.8. | Canal Buen Retiro | 8-85 |
| 8.5.9. | Canal La Banda Chiu Chiu | 8-87 |
| 8.5.10. | Canal Del Pueblo | 8-89 |
| 8.5.11. | Canal Pongo | 8-91 |
| 8.5.12. | Canal Santa Fagustina | 8-92 |
| 8.5.13. | Canal Panteón | 8-94 |
| 8.5.14. | Canal San Ramón | 8-94 |
| 8.5.15. | Canal Grande | 8-95 |
| 8.5.16. | Canal 4 | 8-97 |
| 8.5.17. | Canal 6 | 8-99 |
| 8.5.18. | Canal Piar | 8-101 |
| 8.6. | ZONA DE RIEGO PANIRI | 8-103 |
| 8.6.1. | Descripción General de la Red de Riego | 8-103 |
| 8.6.2. | Canal Paniri 1 | 8-104 |
| 8.6.3. | Canal Paniri 2 | 8-106 |
| 8.7. | ZONA DE RIEGO TURI | 8-107 |
| 8.7.1. | Descripción General de la Red de Riego | 8-107 |
| 8.7.2. | Canal Turi | 8-109 |
| 8.7.3. | Canal Ramal 1 | 8-111 |
| 8.7.4. | Canal Sub Ramal 1 | 8-112 |
| 8.7.5. | Canal Ramal Pomal | 8-113 |
| 8.7.6. | Canal Del Medio | 8-114 |
| 8.8. | CARACTERIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE RIEGO EXISTENTE | 8-115 |
| 8.9. | USO DE HERRAMIENTA SIG EN EL CATASTRO DE INFRAESTRUCTURA | 8-133 |
| 8.9.1. | Generalidades | 8-133 |
| 8.9.2. | Estructura General de la Geodatabase | 8-134 |
| 8.9.3. | Estructura Base y Temática | 8-135 |
| 8.9.3.1. | Estructura Base | 8-135 |

# ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO"

## INFORME FINAL

## ÍNDICE


| Acápite | Descripción | Página |
|---|---|---|
| 8.9.3.2. | Estructura Temática | 8-136 |
| 8.9.4. | Manejo y Administración de Información SIG | 8-139 |
| 8.9.5. | Elaboración de Mapas Temáticos | 8-145 |
| **9.** | **DIAGNÓSTICO PRELIMINAR AGROPECUARIO** | **9-1** |
| 9.1. | INTRODUCCIÓN | 9-1 |
| 9.2. | DIAGNÓSTICO POR ZONAS HOMOGÉNEAS | 9-1 |
| 9.2.1. | Aspectos Generales | 9-1 |
| 9.2.2. | Zona de Calama | 9-1 |
| 9.2.2.1. | Limitantes Agrológicas y de Calidad y Suministro de Aguas | 9-1 |
| 9.2.2.2. | Limitantes por Nivel Tecnológico y Contexto Agrícola | 9-3 |
| 9.2.2.3. | Limitantes Fitosanitarias y/o Ambientales | 9-4 |
| 9.2.2.4. | Limitantes de Infraestructura de Riego | 9-4 |
| 9.2.2.5. | Definición de Prioridades de Inversión | 9-4 |
| 9.3. | ZONA DE CHIU CHIU Y LASANA | 9-5 |
| 9.3.1. | Limitantes Agrológicas y de Calidad y Suministro de Aguas | 9-5 |
| 9.3.2. | Limitantes por Nivel Tecnológico y Contexto Agrícola | 9-6 |
| 9.3.3. | Limitantes Fitosanitarias y/o Ambientales | 9-6 |
| 9.3.4. | Limitantes de Infraestructura de Riego | 9-6 |
| 9.3.5. | Definición de Prioridades de Inversión | 9-7 |
| 9.4. | ZONA DE AYQUINA, TURI Y PANIRI | 9-8 |
| 9.4.1. | Limitantes Agrológicas y de Calidad y Suministro de Aguas | 9-8 |
| 9.4.2. | Limitantes por Nivel Tecnológico y Contexto Agrícola | 9-8 |
| 9.4.3. | Limitantes Fitosanitarias y/o Ambientales | 9-9 |
| 9.4.4. | Limitantes de Infraestructura de Riego | 9-9 |
| 9.4.5. | Definición de Prioridades de Inversión | 9-9 |
| **10.** | **MODELO DE SIMULACIÓN** | **10-1** |
| 10.1. | ASPECTOS GENERALES | 10-1 |
| 10.2. | DESCRIPCIÓN DEL MODELO WEAP | 10-2 |
| 10.3. | ELEMENTOS TOPOLÓGICOS FACTIBLES DE MODELAR EN WEAP | 10-3 |
| 10.3.1. | Área Aportante (Unidad Hidrológica o Catchment) | 10-3 |
| 10.3.2. | Ríos | 10-4 |
| 10.3.3. | Acuíferos | 10-4 |
| 10.3.4. | Embalses | 10-4 |
| 10.3.5. | Canales | 10-5 |
| 10.3.6. | Centrales Hidroeléctricas | 10-6 |
| 10.3.7. | Sitios de Demanda | 10-6 |
| 10.4. | SISTEMA MODELADO EN SITUACIÓN ACTUAl | 10-7 |
| 10.4.1. | ÁREA DE MODELACIÓN | 10-7 |
| 10.4.2. | Ríos | 10-8 |
| 10.4.3. | Aportes de Cabecera o Headflow | 10-8 |

# ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO"

## INFORME FINAL

## ÍNDICE


| Acápite | Descripción | Página |
|---|---|---|
| 10.4.4. | Acuíferos | 10-9 |
| 10.4.5. | Zonas de Riego | 10-9 |
| 10.4.6. | Canales | 10-10 |
| 10.4.7. | Consumo de Agua Potable | 10-10 |
| 10.4.8. | Otras consideraciones generales del Modelo. | 10-11 |
| 10.5. | CALIBRACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN HIDROLÓGICA | 10-12 |
| 10.6. | CALIBRACIÓN DEL MODELO DE CALIDAD DE AGUAS EN SITUACIÓN ACTUAL | 10-23 |
| 10.6.1. | Enfoque Adoptado | 10-23 |
| 10.6.2. | Arsénico | 10-27 |
| 10.6.3. | Boro | 10-29 |
| 10.6.4. | Cloruros | 10-31 |
| 10.6.5. | Conductividad Eléctrica | 10-34 |
| **11.** | **RESULTADOS DE LOS ESCENARIOS MODELADOS** | **11-1** |
| 11.1. | RESUMEN DE ESCENARIOS MODELADOS | 11-1 |
| 11.2. | ESCENARIO 0 (E0): SITUACIÓN ACTUAL | 11-1 |
| 11.3. | ESCENARIO 1 (E1): MEJORAMIENTO DEL RIEGO | 11-6 |
| 11.3.1. | Descripción | 11-6 |
| 11.3.2. | Método de Modelación | 11-6 |
| 11.3.3. | Resultados | 11-8 |
| 11.4. | ESCENARIO 2 (E2): EMBALSE TURI PARA RIEGO | 11-9 |
| 11.4.1. | Descripción | 11-9 |
| 11.4.2. | Método de Modelación | 11-9 |
| 11.4.3. | Resultados | 11-11 |
| 11.5. | ESCENARIO 3 (E3): EXPANSIÓN RIEGO | 11-14 |
| 11.5.1. | Descripción | 11-14 |
| 11.5.2. | Método de Modelación | 11-15 |
| 11.5.3. | Resultados | 11-15 |
| 11.6. | ESCENARIO 4 (E4): DERECHOS DE AGUAS | 11-16 |
| 11.6.1. | Descripción | 11-16 |
| 11.6.2. | Método de Modelación | 11-17 |
| 11.6.3. | Resultados | 11-18 |
| 11.7. | ESCENARIO 5 (E5): CAMBIO DE OPERACIÓN EN EMBALSE CONCHI | 11-20 |
| 11.7.1. | Descripción | 11-20 |
| 11.7.2. | Método de Modelación | 11-21 |
| 11.7.3. | Resultados | 11-24 |
| 11.8. | ESCENARIO 6 (E6): MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE AGUAS | 11-26 |
| 11.8.1. | Descripción | 11-26 |
| 11.8.2. | Método de Modelación | 11-35 |
| 11.8.3. | Resultados | 11-36 |
| 11.9. | ESCENARIO 7 (E7): TUBERÍA RÍO LOA-CALAMA | 11-39 |
| 11.9.1. | Descripción | 11-39 |

# ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO"

## INFORME FINAL

## ÍNDICE


| Acápite | Descripción | Página |
|---|---|---|
| 11.9.2. | Método de Modelación | 11-40 |
| 11.9.3. | Resultados | 11-40 |
| 11.10. | ESCENARIO 8 (E8): MANEJO CONJUNTO TURI-CONCHI | 11-42 |
| 11.10.1. | Descripción | 11-42 |
| 11.10.2. | Método de Modelación | 11-43 |
| 11.10.3. | Resultados | 11-43 |
| 11.11. | ESCENARIO 9A (E9A): ESCENARIO MULTIPROPÓSITO RIEGO MÁS CONTROL DE CRECIDAS | 11-49 |
| 11.11.1. | Descripción | 11-49 |
| 11.11.2. | Método de Modelación | 11-50 |
| 11.11.3. | Resultados | 11-50 |
| 11.12. | ESCENARIO 9B (E9B): ESCENARIO MULTIPROPÓSITO RIEGO MÁS GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA | 11-51 |
| 11.12.1. | Descripción | 11-51 |
| 11.12.2. | Método de Modelación | 11-52 |
| 11.12.3. | Resultados | 11-53 |
| 11.13. | ESCENARIO 9C (E9C): ESCENARIO MULTIPROPÓSITO RIEGO CON MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE AGUAS | 11-54 |
| 11.13.1. | Descripción | 11-54 |
| 11.13.2. | Método de Modelación | 11-54 |
| 11.13.3. | Resultados | 11-54 |
| 11.14. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LA MODELACIÓN DE ESCENARIOS | 11-55 |
| **12.** | **BENEFICIOS ASOCIADOS A LOS ESCENARIOS** | **12-1** |
| 12.1. | BENEFICIOS AGROPECUARIOS | 12-1 |
| 12.1.1. | Criterios de Desarrollo | 12-1 |
| 12.1.1.1. | Aspectos Generales | 12-1 |
| 12.1.1.2. | Descripción General de Escenarios de Proyecto | 12-2 |
| 12.1.1.3. | Análisis de Impacto Agroproductivo Escenarios de Cantidad | 12-6 |
| 12.1.1.4. | Análisis de Impacto Agroproductivo Escenarios de Calidad | 12-15 |
| 12.1.1.5. | Otras Consideraciones Generales para Situación Con Proyecto | 12-27 |
| 12.1.2. | Uso del Suelo | 12-29 |
| 12.1.3. | Gradualidad de los Cambios Propuestos | 12-32 |
| 12.1.4. | Demandas de Agua para Uso Agrícola Situación Con Proyecto | 12-33 |
| 12.1.5. | Caracterización Económica | 12-37 |
| 12.1.5.1. | Fichas Técnico Económicas | 12-37 |
| 12.1.5.2. | Ingreso, Costos y Margen Bruto | 12-38 |
| 12.1.5.3. | Desarrollo del Riego | 12-69 |
| 12.1.5.4. | habilitación de Terrenos | 12-73 |
| 12.1.5.5. | Inversión en Infraestructura de Invernaderos | 12-75 |
| 12.1.5.6. | Tratamiento de Suelos | 12-76 |
| 12.1.5.7. | Gastos Indirectos Generales | 12-79 |
| 12.1.5.8. | Programa de Asistencia Técnica y Transferencia Tecnológica | 12-79 |
| 12.1.6. | Márgenes Agrícolas y Beneficios Netos | 12-89 |

# ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO"

## INFORME FINAL

## ÍNDICE


| Acápite | Descripción | Página |
|---|---|---|
| 12.2. | BENEFICIOS ASOCIADOS A LA GENERACIÓN DE HIDROELECTRICIDAD | 12-101 |
| 12.3. | BENEFICIOS ASOCIADOS AL CONTROL DE CRECIDAS | 12-101 |
| 12.3.1. | Introducción | 12-101 |
| 12.3.2. | Definiciones Básicas | 12-101 |
| 12.3.3. | Metodología | 12-103 |
| 12.3.4. | Cálculo de Beneficios | 12-104 |
| **13.** | **DIAGNÓSTICO TERRITORIAL, DEFINICIÓN DE IMAGEN OBJETIVO, BRECHAS Y LÍNEAS DE ACCIÓN** | **13-1** |
| 13.1. | ASPECTOS GENERALES | 13-1 |
| 13.2. | METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DE LA IMAGEN OBJETIVO | 13-1 |
| 13.3. | ANÁLISIS DE BRECHAS | 13-4 |
| 13.4. | ANÁLISIS TERRITORIAL | 13-5 |
| 13.4.1. | Territorio Lasana – Chiu-Chiu | 13-5 |
| 13.4.2. | Territorio Ayquina – Turi – Paniri | 13-19 |
| 13.4.3. | Territorio Calama | 13-35 |
| **14.** | **LÍNEAS DE ACCIÓN EN LA GESTIÓN DEL RIEGO** | **14-1** |
| 14.1. | LÍNEAS DE ACCIÓN A NIVEL TERRITORIAL | 14-1 |
| 14.2. | DESCRIPCIÓN DE LAS LÍNEAS DE ACCIÓN | 14-5 |
| 14.2.1. | Medidas de Manejo Agronómico Asociadas a Problemática de Suelos | 14-5 |
| 14.2.1.1. | Aspectos Generales | 14-5 |
| 14.2.1.2. | Principales Problemáticas Asociadas a los Suelos en Situación Actual | 14-5 |
| 14.2.1.3. | Lavado de Suelos y Subsolado | 14-7 |
| 14.2.1.4. | Enmiendas Cálcicas y de Azufre | 14-8 |
| 14.2.1.5. | Incorporación de Materia Orgánica | 14-8 |
| 14.2.1.6. | Manejo del Riego | 14-9 |
| 14.2.1.7. | Prevención y Control de Fito-patógenos y Malezas | 14-10 |
| 14.2.1.8. | Integración de Prácticas de Manejo | 14-10 |
| 14.2.1.9. | Diseño de Estrategias de Manejo por Sectores | 14-11 |
| 14.2.2. | Tecnificación del Riego | 14-27 |
| 14.2.3. | Mejoramiento Infraestructura de Bocatomas y Canales | 14-27 |
| 14.2.4. | Construcción Embalse Turi | 14-27 |
| 14.2.5. | Trasvases y Desvíos | 14-27 |
| 14.2.6. | Operación Conjunta Embalse Conchi y Embalse Turi | 14-28 |
| 14.2.7. | Reúso de Aguas Grises y/o Servidas Tratadas | 14-28 |
| 14.2.7.1. | Definición y Alternativas de Tratamiento | 14-28 |
| 14.2.7.2. | Análisis de Experiencias | 14-34 |
| 14.2.8. | Fito-Remediación de Aguas | 14-38 |
| 14.2.8.1. | Definición y Alternativas de Tratamiento | 14-38 |
| 14.2.8.2. | Análisis de Experiencias | 14-41 |
| 14.2.8.3. | Propuestas de Mejoramiento de la Calidad de Aguas a través del Sistema Vetiver | 14-45 |
| 14.2.9. | Fito-Remediación en Suelos | 14-50 |

# ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO"

## INFORME FINAL

## ÍNDICE


| Acápite | Descripción | Página |
|---|---|---|
| 14.2.9.1. | Antecedentes Generales | 14-50 |
| 14.2.9.2. | Ventajas y Desventajas de la Fito-Remediación | 14-52 |
| 14.2.9.3. | Experiencias de Fito-Remediación de Suelos | 14-53 |
| 14.2.9.4. | Propuesta de Manejo y Fito-Remediación de Suelos | 14-55 |
| 14.2.10. | Otras Tecnologías de Tratamiento de Aguas | 14-58 |
| 14.2.10.1. | SolArsenic | 14-58 |
| 14.2.10.2. | Caso de Estudio: Planta de Abatimiento de Boro y Arsénico | 14-58 |
| 14.2.11. | Conclusiones Generales Líneas de Acción | 14-63 |
| 14.3. | OBSTACULIZADORES EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS SOLUCIONES | 14-63 |
| 14.3.1. | Introducción | 14-63 |
| 14.3.2. | Obstaculizadores | 14-64 |
| **15.** | **EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA-SOCIAL DE LOS ESCENARIOS** | **15-1** |
| 15.1. | INTRODUCCIÓN | 15-1 |
| 15.2. | INDICADORES DE RENTABILIDAD | 15-1 |
| 15.3. | CONDICIONES DE EVALUACIÓN | 15-2 |
| 15.4. | COSTO DE LAS OBRAS ASOCIADAS A LOS ESCENARIOS | 15-2 |
| 15.5. | RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA | 15-5 |
| 15.6. | ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD | 15-7 |
| 15.7. | RECOMENDACIONES | 15-9 |
| **16.** | **ESCENARIO PRODUCTIVO ALTERNATIVO SIN USO DE SUELO** | **16-1** |
| 16.1. | INTRODUCCIÓN | 16-1 |
| 16.2. | SISTEMAS HIDROPÓNICOS DE PRODUCCIÓN | 16-1 |
| 16.3. | CARACTERIZACIÓN PRODUCTIVA ESCENARIO ALTERNATIVO | 16-6 |
| 16.4. | CARACTERIZACIÓN ECONÓMICA | 16-8 |
| 16.4.1. | Fichas Técnico Económicas | 16-8 |
| 16.4.2. | Ingreso, Costos y Margen Bruto | 16-11 |
| 16.4.3. | Infraestructura para Hidroponía | 16-15 |
| 16.4.4. | Inversión en Infraestructura de Invernaderos | 16-16 |
| 16.4.5. | Programa de Asistencia Técnica y Transferencia Tecnológica | 16-17 |
| 16.4.5.1. | Aspectos Generales | 16-17 |
| 16.4.5.2. | Implementación y Promoción | 16-17 |
| 16.4.5.3. | Descripción del Programa | 16-18 |
| 16.4.5.4. | Costos del Programa | 16-21 |
| 16.4.6. | Márgenes Agrícolas y Beneficios Netos | 16-23 |
| 16.5. | EVALUACIÓN ECONÓMICA | 16-25 |
| 16.5.1. | Aspectos Generales | 16-25 |
| 16.5.2. | Costos de las Obras | 16-25 |
| 16.5.3. | Resultados de la Evaluación | 16-25 |
| 16.5.4. | Análisis de Sensibilidad | 16-25 |
| 16.6. | CONCLUSIONES ESCENARIO ALTERNATIVO | 16-26 |

# ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO"

## INFORME FINAL

## ÍNDICE


| Acápite | Descripción | Página |
|---|---|---|
| **17.** | **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES** | **17-1** |


# ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO"
## INFORME FINAL

## ÍNDICE DE CUADROS


| Cuadro | Descripción | Página |
|---|---|---|
| 2.1-1 | Resumen de Información de Fuentes Secundarias Utilizada en el Presente Estudio | 2-1 |
| 2.3.3-1 | Propuestas de Desarrollo a Nivel de Factibilidad | 2-15 |
| 2.4.2-1 | Derechos de Aprovechamiento de Agua Concedidos de Acuerdo a su Naturaleza y Uso | 2-20 |
| 2.4.2-2 | Caudales Concedidos de Acuerdo a su Naturaleza y Uso (L/S) | 2-21 |
| 3.2.3-1 | Población Total Año 2002 y Proyección de Población Año 2015 Comuna de Calama | 3-3 |
| 3.2.3-2 | Índice de Masculinidad Comuna de Calama | 3-4 |
| 3.2.2-3 | Distribución Etaria Comuna de Calama | 3-4 |
| 3.2.2-4 | Población Urbano – Rural Comuna Calama | 3-5 |
| 3.2.4-1 | Población Según Pobreza por Ingresos y Pobreza Multidimensional Calama, Región de Antofagasta y País | 3-7 |
| 3.2.4-2 | Población Según Pobreza Comuna Calama | 3-7 |
| 3.2.4-3 | Número de Trabajadores por Rama de Actividad Comuna Calama | 3-8 |
| 3.2.4-4 | Tasa de Ocupación y Desocupación Trimestre Móvil Enero-Marzo 2016 Comuna Calama | 3-9 |
| 3.2.5-1 | Número de Establecimientos de Salud Según Tipo Comuna Calama | 3-10 |
| 3.2.5-2 | Población Según Sistema de Salud Comuna Calama | 3-10 |
| 3.2.5-3 | Nivel Educacional de la Población Comuna Calama | 3-11 |
| 3.2.5-4 | Áreas Verdes por Persona Comuna de Calama | 3-11 |
| 3.2.6-1 | Población Según Pueblo Declarado Comuna de Calama | 3-12 |
| 3.2.6-2 | Comunidades Indígenas del Área de Desarrollo Indígena Alto El Loa | 3-13 |
| 3.3.3.2-1 | Participantes Primera Reunión ASAC | 3-19 |
| 3.3.3.2-2 | Participantes Segunda Reunión ASAC | 3-20 |
| 3.3.3.3-1 | Lista de Entrevistados Oasis de Calama | 3-22 |
| 3.3.4-1 | Lista de Reuniones ADI Alto El Loa | 3-26 |
| 3.3.4-2 | Participación de las Comunidades Indígenas del Alto Loa en el Estudio | 3-27 |
| 3.3.4-3 | Participantes Reunión Chiu Chiu | 3-29 |
| 3.3.5.2-1 | Sistematización de Necesidades e Iniciativas Emergentes en Reunion con Asociación de Agricultores de Calama | 3-39 |

# ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO"
# INFORME FINAL

## ÍNDICE DE CUADROS


| Cuadro | Descripción | Página |
|---|---|---|
| 3.3.5.2-2 | SISTEMATIZACIÓN DE NECESIDADES E INICIATIVAS EMERGENTES EN REUNION CON COMUNIDAD ATACAMEÑA DE LASANA | 3-43 |
| 3.3.5.2-3 | Sistematización de Necesidades e Iniciativas Emergentes en Reunion con Asociación de Regantes de Chiu Chiu | 3-45 |
| 3.3.6-1 | Matriz de Análisis de Actores Relevantes | 3-51 |
| 4.2.1.1-1 | Límites Máximos Admisibles en Parámetros de Calidad del Agua Para Riego, NCh 1.333 | 4-1 |
| 4.2.1.1-2 | Estándares Para Conductividad Específica y Sólidos Disueltos Totales en Aguas de Regadío, NCh 1.333 | 4-2 |
| 4.2.2.1-1 | Nº de Registros y Periodo Analizado | 4-9 |
| 4.2.2.1-1 | Ubicación de las Estaciones DGA Analizadas en el Estudio | 4-11 |
| 4.2.2.2-1 | Resumen Parámetros de Calidad Estación Río Loa en Salida Embalse Conchi | 4-13 |
| 4.2.2.3-1 | Resumen Parámetros de Calidad Estación Río Loa Antes Junta Río Salado | 4-15 |
| 4.2.2.4-1 | Resumen Parámetros de Calidad Estación Río Loa en Yalquincha | 4-17 |
| 4.2.2.5-1 | Resumen Parámetros de Calidad Estación Río Loa en Finca | 4-19 |
| 4.2.2.6-1 | Resumen Parámetros de Calidad Estación Río Salado en Sifón Ayquina | 4-21 |
| 4.2.2.7-1 | Resumen Parámetros de Calidad Estación Río Toconce Antes Represa Sendos | 4-23 |
| 4.3.1-1 | Puntos de Muestreo de Calidad de Aguas Ríos Loa y Salado | 4-25 |
| 4.3.3-1 | Resultados Análisis de Laboratorio, Primera Campaña de Monitoreo | 4-33 |
| 4.3.3-2 | Resultados Primera Campaña de Monitoreo In Situ | 4-35 |
| 4.3.4-1 | Resultados Análisis de Laboratorio, Segunda Campaña de Monitoreo | 4-37 |
| 4.3.4-2 | Resultados Primera Campaña de Monitoreo In Situ | 4-39 |
| 4.4.2-1 | Categorías Clasificación Ce | 4-43 |
| 4.4.3-1 | Categorías Clasificación Arsénico | 4-49 |
| 4.4.4-1 | Categorías Clasificación Boro | 4-55 |
| 4.4.4-2 | Tolerancia al Boro de Diferentes Cultivos | 4-59 |
| 4.4.5-1 | Categorías Clasificación Cloruro | 4-62 |
| 4.4.5-2 | Tolerancia de Cultivos a Concentraciones de Cloruros | 4-65 |
| 4.4.6-1 | Calidad del Agua y su Relación con el Riego | 4-66 |
| 4.5-1 | Monitoreo Calidad de Agua Planta de Abatimiento de Boro y Arsénico | 4-73 |
| 5.3-1 | Distribución de Calicatas en el Área de Estudio Comuna de Calama | 5-2 |
| 5.4-1 | Distribución de Calicatas y Muestreos de Suelo Sectores en Calama | 5-5 |
| 5.4-2 | Distribución de Calicatas y Muestreos de Suelo Pueblos Loa Salado | 5-6 |
| 5.5.1-1 | Escala de Ph | 5-9 |
| 5.5.1-2 | Escala de Boro | 5-9 |
| 5.5.1-3 | Límite Máximo de Arsénico Permitido | 5-9 |
| 5.5.1-4 | Escala de Cloruro | 5-9 |
| 5.5.1-5 | Escala de Sodio | 5-10 |
| 6.2-1 | Subcuencas de Interés Para la Modelación Hidrológica | 6-1 |
| 6.3.1-1 | Estaciones Hidrometeorológicas Preseleccionadas Analizadas | 6-3 |
| 6.3.1-2 | Disponibilidad de Datos en Estaciones Pre Seleccionadas (Cantidad de Meses con Datos) | 6-5 |
| 6.3.1-3 | Estaciones Hidrometeorológicas Seleccionadas Para el Análisis | 6-7 |

# ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO"
# INFORME FINAL

## ÍNDICE DE CUADROS


| Cuadro | Descripción | Página |
|---|---|---|
| 6.4.1-1 | Precipitaciones Medias Anuales | 6-8 |
| 6.4.2-1 | Temperaturas Medias Anuales | 6-10 |
| 6.5-1 | Aforos Realizados en Agosto 2016 | 6-12 |
| 6.5-2 | Cálculo de las Pérdidas a lo Largo de los Cauces | 6-12 |
| 6.6.2-1 | Coeficientes de Ajuste Nash-Sutcliffe | 6-17 |
| 6.7.1-1 | Coeficientes Polígonos de Thiessen | 6-20 |
| 6.7.2-1 | Estación Representativa de Cada Subcuenca y Temperaturas Anuales Según Isotermas | 6-23 |
| 6.7.2-2 | ETP Distrito M241HA72 (mm) | 6-23 |
| 6.7.3-1 | Resultados Obtenidos en el Proceso de Calibración | 6-27 |
| 6.7.3-2 | Parametros Ajustados del Modelo GR2M Y Oudin Et Al. 2005 | 6-27 |
| 6.7.5-1 | Caudales Medios Anuales Subcuencas Modeladas | 6-33 |
| | | |
| 7.2-1 | Explotaciones Agropecuarias con Tierra Comuna Calama 2007 | 7-1 |
| 7.2-2 | Explotaciones Agropecuarias con Tierra por Sectores 2007 | 7-3 |
| 7.3.1-1 | Resumen Información Predial Comuna Calama 2007 | 7-5 |
| 7.3.1-2 | Resumen Información Predial por Sectores 2007 | 7-6 |
| 7.3.1-3 | Superficie Agropecuaria Año 2007 | 7-6 |
| 7.3.1-4 | Superficie Agropecuaria por Sectores 2007 | 7-7 |
| 7.3.1-5 | Estructura de Cultivos Comuna de Calama 2007 | 7-8 |
| 7.3.1-6 | Estructura de Cultivos por Sectores 2007 | 7-8 |
| 7.3.1-7 | Superficie Plantada con Especies Frutales Comuna de Calama 2007 | 7-9 |
| 7.3.1-8 | Superficie Cultivada con Frutales por Sectores 2007 | 7-9 |
| 7.3.1-9 | Superficie Cultivada con Hortalizas Comuna de Calama 2007 | 7-10 |
| 7.3.1-10 | Superficie Cultivada con Hortalizas por Sectores 2007 | 7-11 |
| 7.3.1-11 | Superficie de Cereales, Leguminosas y Tubérculos Comuna de Calama 2007 | 7-12 |
| 7.3.1-12 | Superficie de Cereales, Leguminosas y Tubérculos por Sectores 2007 | 7-12 |
| 7.3.2-1 | Existencias Pecuarias por Especie Comuna de Calama 2007 | 7-13 |
| 7.3.2-2 | Existencias Pecuarias por Especie por Sectores 2007 | 7-13 |
| 7.4-1 | Sistemas de Riego Utilizados en Comuna de Calama 2007 | 7-14 |
| 7.4-2 | Sistemas de Riego Utilizados por Sectores en 2007 | 7-14 |
| 7.5.2-1 | Parámetros Agroclimáticos Mensuales Distrito Agroclimático 3.54- Refresco | 7-18 |
| 7.5.2-2 | Parámetros Agroclimáticos Mensuales Distrito Agroclimático 3.55- Potreril | 7-19 |
| 7.5.2-3 | Parámetros Agroclimáticos Mensuales Distrito Agroclimático MT241 ha72 | 7-21 |
| 7.5.2-4 | Parámetros Agroclimáticos Mensuales Distrito I241 ha71 | 7-21 |
| 7.5.2-5 | Parámetros Agroclimáticos Mensuales Distrito Agroclimático M²41 ha72 | 7-22 |
| 7.5.2-6 | Parámetros Agroclimáticos Mensuales Distrito Agroclimático M111 ha72 | 7-23 |
| 7.5.3-1 | Adaptabilidad Climática de Especies Agrícolas en el Área de Estudio | 7-25 |
| 7.6-1 | Uso del Suelo Situación Actual | 7-31 |
| 7.6-2 | Uso del Suelo por Método de Riego Situación Actual | 7-32 |
| 7.7.1-1 | Evapotranspiración Potencial (mm/mes) | 7-33 |
| 7.7.1-2 | Coeficientes de Cultivo Kc | 7-33 |
| 7.7.1-3 | Evapotranspiración Real Sector Calama (mm/mes) | 7-33 |
| 7.7.1-4 | Evapotranspiración Real Sector Chiu Chiu (mm/mes) | 7-34 |
| 7.7.1-5 | Evapotranspiración Real Sector Caspana (mm/mes) | 7-34 |

# ÍNDICE DE CUADROS


| Cuadro | Descripción | Página |
|---|---|---|
| 7.7.2-1 | Precipitación Media y Efectiva (mm/mes) | 7-35 |
| 7.7.2-2 | Demanda Neta de Agua por Rubro Sector Calama (mm/mes) | 7-35 |
| 7.7.2-3 | Demanda Neta de Agua por Rubro Sector Chiu Chiu (mm/mes) | 7-36 |
| 7.7.2-4 | Demanda Neta de Agua por Rubro Sector Caspana (mm/mes) | 7-36 |
| 7.7.3-1 | Eficiencias de Riego por Método Utilizadas en el Área de Estudio | 7-37 |
| 7.7.3-2 | Eficiencia de Riego Ponderada Actual | 7-37 |
| 7.7.4-1 | Tasas de Riego Actual por Rubro Sector Calama ($m^3$/ha/mes) | 7-38 |
| 7.7.4-2 | Tasas de Riego Actual por Rubro Sector Chiu Chiu ($m^3$/ha/mes) | 7-38 |
| 7.7.4-3 | Tasas de Riego Actual por Rubro Sector Caspana ($m^3$/ha/mes) | 7-39 |
| 7.7.5-1 | Demanda Bruta Actual ($m^3$/mes) y Tasa de Riego Ponderada Sector Calama ($m^3$/ha/mes) | 7-41 |
| 7.7.5-2 | Demanda Bruta Actual ($m^3$/mes) y Tasa de Riego Ponderada ($m^3$/ha/mes) | 7-43 |
| 7.7.6-1 | Tolerancia de los Cultivos y Potencial de Rendimiento de Determinados Cultivos por Influencia de la Salinidad del Agua de Riego (ECa) o el Suelo (ECx) | 7-46 |
| 7.7.6-2 | Fracción de Requerimiento de Lixiviación Cultivos Situación Actual | 7-47 |
| 7.7.6-3 | Lámina de Agua Requerida Para Lixiviación Sector Calama (mm/mes) | 7-46 |
| 7.7.6-4 | Volumen de Lixiviación Actual ($m^3$/mes) y Tasa Ponderada ($m^3$/ha/mes) | 7-49 |
| 7.7.6-5 | Demanda Bruta Final Actual ($m^3$/mes) y Tasa de Riego Ponderada Final ($m^3$/ha/mes) Sector Calama | 7-51 |
| 7.7.6-6 | Resumen Demanda Bruta Final Actual ($m^3$/mes) y Tasa de Riego Ponderada Final ($m^3$/ha/mes) | 7-53 |
| 7.8-1 | Listado de Entrevistados Caracterización Productiva y Económica | 7-56 |
| 7.9.3-1 | Emisiones, Efluentes y Residuos Generados en la Fase de Operación Proyecto Rt Sulfuros Codelco – Chile | 7-65 |
| 7.9.5-1 | Parámetros Productivos Cultivos Situación Actual | 7-72 |
| 7.10.2-1 | Ingreso, Costo Directo y Margen Bruto por Hectárea de Rubros Productivos Situación Actual (Precios a Octubre 2016) | 7-78 |
| 7.11.1-1 | Productos Analizados | 7-81 |
| 7.11.2.1-1 | Precios Alfalfa ($/kg) (Pesos Reales sin IVA con el IPC del 10/2016) | 7-82 |
| 7.11.2.1-2 | Análisis de Precios de Mercado Alfalfa | 7-83 |
| 7.11.2.2-1 | Superficie Sembrada de Zanahoria a Nivel Regional | 7-84 |
| 7.11.2.2-2 | Precios Mayoristas de Zanahoria $/Unidad (Pesos Reales sin IVA con el IPC del 10/2016) | 7-85 |
| 7.11.2.2-3 | Análisis de Precios del Mercado de Zanahoria | 7-86 |
| 7.11.2.3-1 | Superficie Sembrada del Choclo a Nivel Regional | 7-87 |
| 7.11.2.3-2 | Precios Mayoristas del Choclo ($/unidad) (Pesos Reales sin IVA con el IPC del 10/2016) | 7-88 |
| 7.11.2.3-3 | Análisis de Precios del Mercado Local de Choclo | 7-90 |
| 7.11.2.4-1 | Superficie Sembrada de haba a Nivel Regional | 7-91 |
| 7.11.2.4-2 | Precios Mayoristas de haba ($/kg) (Pesos Reales sin IVA con el IPC del 10/2016) | 7-91 |
| 7.11.2.4-3 | Análisis de Precios del Mercado Local de haba | 7-92 |
| 7.11.2.5-1 | Superficie Sembrada de Acelga a Nivel Regional | 7-93 |
| 7.11.2.5-2 | Precios Mayoristas de la Acelga ($/Atado) (Pesos Reales sin IVA con el IPC del 10/2016) | 7-94 |
| 7.11.2.5-3 | Análisis de Precios del Mercado Local de Acelga | 7-95 |
| 7.11.2.6-1 | Superficie Sembrada de Quinoa a Nivel Regional, Temporada 2006-2007 | 7-96 |
| 7.11.2.7-1 | Existencia y Variación de Ganado Ovino, Según Región (Años 2007, 2010, 2013 Y 2015) | 7-97 |
| 7.11.2.7-2 | Precios a Productor Cordero ($/kg) (Pesos Nominales sin IVA) | 7-98 |
| 7.11.2.7-3 | Análisis de Precios de la Carne Ovina | 7-99 |

# ÍNDICE DE CUADROS


| Cuadro | Descripción | Página |
|---|---|---|
| 8.2.1-1 | Tipo Canales, Sector de Riego Calama | 8-2 |
| 8.2.1-2 | Estado Canales, Sector de Riego Calama | 8-2 |
| 8.2.1-3 | Tipo Impermeabilización Canales, Sector de Riego Calama | 8-4 |
| 8.2.1-4 | Material Canales con Impermeabilización, Sector de Riego Calama | 8-4 |
| 8.2.2-1 | Estado Canal Dupont | 8-5 |
| 8.2.2-2 | Tipo Impermeabilización Canal Dupont | 8-5 |
| 8.2.2-3 | Material Canal con Impermeabilización Dupont | 8-5 |
| 8.2.2-4 | Obras y Singularidades Canal Dupont | 8-5 |
| 8.2.3-1 | Estado Canal La Prensa | 8-6 |
| 8.2.3-2 | Tipo Impermeabilización Canal La Prensa | 8-7 |
| 8.2.3-3 | Material Canal con Impermeabilización La Prensa | 8-7 |
| 8.2.3-4 | Obras y Singularidades Canal La Prensa | 8-7 |
| 8.2.4-1 | Estado Canal Núñez | 8-8 |
| 8.2.4-2 | Tipo Impermeabilización Canal Núñez | 8-8 |
| 8.2.4-3 | Material Canal con Impermeabilización La Prensa | 8-8 |
| 8.2.4-4 | Obras y Singularidades Canal Núñez | 8-9 |
| 8.2.5-1 | Estado Canal Topater | 8-10 |
| 8.2.5-2 | Tipo Impermeabilización Canal Topater | 8-10 |
| 8.2.5-3 | Obras y Singularidades Canal Topater | 8-10 |
| 8.2.6-1 | Obras y Singularidades Canal Cascada | 8-11 |
| 8.2.7-1 | Estado Canal El Tronco | 8-12 |
| 8.2.7-2 | Tipo Impermeabilización Canal El Tronco | 8-12 |
| 8.2.7-3 | Obras y Singularidades Canal El Tronco | 8-13 |
| 8.2.8-1 | Estado Canal Tambores | 8-14 |
| 8.2.8-2 | Obras y Singularidades Canal Tambores | 8-14 |
| 8.2.9-1 | Estado Canal Bilbao | 8-15 |
| 8.2.9-2 | Tipo Impermeabilización Canal Bilbao | 8-15 |
| 8.2.9-3 | Material Canal con Impermeabilización Bilbao | 8-15 |
| 8.2.9-4 | Obras y Singularidades Canal Bilbao | 8-15 |
| 8.2.10-1 | Estado Canal Berna | 8-16 |
| 8.2.10-2 | Tipo Impermeabilización Canal Berna | 8-17 |
| 8.2.10-3 | Obras y Singularidades Canal Berna | 8-17 |
| 8.2.11-1 | Obras y Singularidades Canal Chañar | 8-18 |
| 8.2.12-1 | Estado Canal Coco La Villa | 8-19 |
| 8.2.12-2 | Tipo Impermeabilización Canal Coco La Villa | 8-19 |
| 8.2.12-3 | Material Canal con Impermeabilización Coco La Villa | 8-19 |
| 8.2.12-4 | Obras y Singularidades Canal Coco La Villa | 8-20 |
| 8.2.13-1 | Estado Canal Quinta El Bosque | 8-21 |
| 8.2.13-2 | Tipo Impermeabilización Canal Quinta El Bosque | 8-21 |
| 8.2.13-3 | Material Canal con Impermeabilización Quinta El Bosque | 8-21 |
| 8.2.13-4 | Obras y Singularidades Canal Quinta El Bosque | 8-21 |
| 8.2.14-1 | Estado Canal Radic | 8-22 |
| 8.2.14-2 | Tipo Impermeabilización Canal Radic | 8-23 |
| 8.2.14-3 | Material Canal con Impermeabilización Radic | 8-23 |

# ÍNDICE DE CUADROS


| Cuadro | Descripción | Página |
|---|---|---|
| 8.2.14-4 | Obras y Singularidades Canal Radic | 8-23 |
| 8.2.15-1 | Estado Canal Derivado Radic | 8-24 |
| 8.2.15-2 | Tipo Impermeabilización Canal Derivado Radic | 8-25 |
| 8.2.15-3 | Material Canal con Impermeabilización Derivado Radic | 8-25 |
| 8.2.15-4 | Obras y Singularidades Canal Derivado Radic | 8-25 |
| 8.2.16-1 | Estado Canal Cobija | 8-26 |
| 8.2.16-2 | Tipo Impermeabilización Canal Cobija | 8-26 |
| 8.2.16-3 | Material Canal con Impermeabilización Cobija | 8-26 |
| 8.2.16-4 | Obras y Singularidades Canal Cobija | 8-27 |
| 8.2.16-1 | Estado Canal Cerro Negro | 8-28 |
| 8.2.17-2 | Tipo Impermeabilización Canal Cerro Negro | 8-28 |
| 8.2.17-3 | Material Canal con Impermeabilización Cerro Negro | 8-28 |
| 8.2.17-4 | Obras y Singularidades Canal Cerro Negro | 8-28 |
| 8.2.18-1 | Estado Canal Cerro Negro Nor Oriente | 8-29 |
| 8.2.18-2 | Tipo Impermeabilización Canal Cerro Negro Nor Oriente | 8-29 |
| 8.2.18-3 | Obras y Singularidades Canal Cerro Negro Noriente | 8-30 |
| 8.2.19-1 | Estado Canal Cerro Negro Sur Poniente | 8-31 |
| 8.2.19-2 | Tipo Impermeabilización Canal Cerro Negro Sur Poniente | 8-31 |
| 8.2.19-3 | Material Canal con Impermeabilización Cerro Negro Sur Poniente | 8-31 |
| 8.2.19-4 | Obras y Singularidades Canal Cerro Negro Sur Poniente | 8-31 |
| 8.2.20-1 | Estado Canal Aconcagua | 8-32 |
| 8.2.20-2 | Tipo Impermeabilización Canal Aconcagua | 8-33 |
| 8.2.20-3 | Material Canal con Impermeabilización Aconcagua | 8-33 |
| 8.2.20-4 | Obras y Singularidades Canal Aconcagua | 8-33 |
| 8.2.21-1 | Estado Canal Aconcagua Norte | 8-34 |
| 8.2.21-2 | Tipo Impermeabilización Canal Aconcagua Norte | 8-34 |
| 8.2.21-3 | Material Canal con Impermeabilización Aconcagua Norte | 8-34 |
| 8.2.21-4 | Obras y Singularidades Canal Aconcagua Norte | 8-35 |
| 8.2.22-1 | Estado Canal Aconcagua Sur | 8-36 |
| 8.2.22-2 | Tipo Impermeabilización Canal Aconcagua Sur | 8-36 |
| 8.2.22-3 | Material Canal con Impermeabilización Aconcagua Sur | 8-36 |
| 8.2.22-4 | Obras y Singularidades Canal Aconcagua Sur | 8-36 |
| 8.2.23-1 | Estado Canal Chunchuri Bajo | 8-37 |
| 8.2.23-2 | Tipo Impermeabilización Canal Chunchuri Bajo | 8-38 |
| 8.2.23-3 | Material Canal con Impermeabilización Chunchuri Bajo | 8-38 |
| 8.2.23-4 | Obras y Singularidades Canal Chunchuri Bajo | 8-38 |
| 8.2.24-1 | Estado Canal Lomas Bayas – FFCC | 8-39 |
| 8.2.24-2 | Obras y Singularidades Canal Lomas Bayas – FFCC | 8-39 |
| 8.2.25-1 | Estado Canal Choque | 8-40 |
| 8.2.25-2 | Tipo Impermeabilización Canal Choque | 8-41 |
| 8.2.25-3 | Material Canal con Impermeabilización Choque | 8-41 |
| 8.2.25-4 | Obras y Singularidades Canal Choque | 8-41 |
| 8.2.26-1 | Estado Canal Tejerina | 8-42 |
| 8.2.26-2 | Obras y Singularidades Canal Tejerina | 8-42 |

# ÍNDICE DE CUADROS


| Cuadro | Descripción | Página |
|---|---|---|
| 8.2.27-1 | Estado Canal Lay-Lay | 8-43 |
| 8.2.27-2 | Tipo Impermeabilización Canal Lay-Lay | 8-43 |
| 8.2.27-3 | Material Canal con Impermeabilización Lay-Lay | 8-43 |
| 8.2.27-4 | Obras y Singularidades Canal Lay-Lay | 8-44 |
| 8.2.28-1 | Estado Canal Chunchuri Alto | 8-45 |
| 8.2.28-2 | Tipo Impermeabilización Canal Chunchuri Alto | 8-45 |
| 8.2.28-3 | Material Canal con Impermeabilización Chunchuri Alto | 8-45 |
| 8.2.28-4 | Obras y Singularidades Canal Chunchuri Alto | 8-45 |
| 8.2.29-1 | Estado Canal Likantatay | 8-46 |
| 8.2.29-2 | Tipo Impermeabilización Canal Likantatay | 8-47 |
| 8.2.29-3 | Material Canal con Impermeabilización Likantatay | 8-47 |
| 8.2.29-4 | Obras y Singularidades Canal Likantatay | 8-47 |
| 8.2.30-1 | Estado Canal Likantatay Derivado 1 | 8-48 |
| 8.2.30-2 | Tipo Impermeabilización Canal Likantatay Derivado 1 | 8-48 |
| 8.2.30-3 | Material Canal con Impermeabilización Likantatay Derivado 1 | 8-49 |
| 8.2.30-4 | Obras y Singularidades Canal Likantatay Derivado 1 | 8-49 |
| 8.2.31-1 | Estado Canal Likantatay Derivado 2 | 8-50 |
| 8.2.31-2 | Tipo Impermeabilización Canal Likantatay Derivado 2 | 8-50 |
| 8.2.31-3 | Material Canal con Impermeabilización Likantatay Derivado 2 | 8-50 |
| 8.2.31-4 | Obras y Singularidades Canal Likantatay Derivado 2 | 8-50 |
| 8.2.32-1 | Estado Canal Sumac Llajta | 8-51 |
| 8.2.32-2 | Tipo Impermeabilización Canal Sumac Llajta | 8-52 |
| 8.2.32-3 | Material Canal con Impermeabilización Sumac Llajta | 8-52 |
| 8.2.32-4 | Obras y Singularidades Canal Sumac Llajta | 8-52 |
| 8.2.33-1 | Estado Canal Lay Lay La Banda Sector 1 | 8-53 |
| 8.2.33-2 | Tipo Impermeabilización Canal Lay Lay La Banda Sector 1 | 8-53 |
| 8.2.33-3 | Material Canal con Impermeabilización Lay Lay La Banda Sector 1 | 8-53 |
| 8.2.33-4 | Obras y Singularidades Canal Lay Lay La Banda Sector 1 | 8-54 |
| 8.2.34-1 | Estado Canal Lay Lay La Banda Sector 2 | 8-55 |
| 8.2.34-2 | Tipo Impermeabilización Canal Lay Lay La Banda Sector 2 | 8-55 |
| 8.2.34-3 | Material Canal con Impermeabilización Lay Lay La Banda Sector 2 | 8-55 |
| 8.2.34-4 | Obras y Singularidades Canal Lay Lay La Banda Sector 2 | 8-55 |
| 8.2.35-1 | Estado Canal Lay Lay La Banda 1 | 8-56 |
| 8.2.35-2 | Tipo Impermeabilización Canal Lay Lay La Banda 1 | 8-57 |
| 8.2.35-3 | Material Canal con Impermeabilización Lay Lay La Banda 1 | 8-57 |
| 8.2.35-4 | Obras y Singularidades Canal Lay Lay La Banda 1 | 8-57 |
| 8.2.36-1 | Estado Canal Lay Lay La Banda 2 | 8-58 |
| 8.2.36-1 | Tipo Impermeabilización Canal Lay Lay La Banda 2 | 8-58 |
| 8.2.36-2 | Material Canal con Impermeabilización Lay Lay La Banda 2 | 8-58 |
| 8.2.36-4 | Obras y Singularidades Canal Lay Lay La Banda 2 | 8-59 |
| 8.2.37-1 | Estado Canal Lay Lay La Banda 3 | 8-60 |
| 8.2.37-2 | Tipo Impermeabilización Canal Lay Lay La Banda 3 | 8-60 |
| 8.2.37-3 | Material Canal con Impermeabilización Lay Lay La Banda 3 | 8-60 |
| 8.2.37-4 | Obras y Singularidades Canal Lay Lay La Banda 3 | 8-60 |

# ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO"
# INFORME FINAL

## ÍNDICE DE CUADROS


| Cuadro | Descripción | Página |
|---|---|---|
| 8.3.1-1 | Tipo Canales, Sector de Riego Yalquincha | 8-62 |
| 8.3.1-2 | Estado Canales, Sector de Riego Yalquincha | 8-62 |
| 8.3.1-3 | Tipo Impermeabilización Canales, Sector de Riego Yalquincha | 8-62 |
| 8.3.1-4 | Material Canales con Impermeabilización, Sector de Riego Yalquincha | 8-62 |
| 8.3.2-1 | Obras y Singularidades Canal Yalquincha Norte | 8-63 |
| 8.1.3-1 | Estado Canal Yalquincha Sur | 8-64 |
| 8.1.3-2 | Tipo Impermeabilización Canal Yalquincha Sur | 8-64 |
| 8.1.3-3 | Material Canal con Impermeabilización Yalquincha Sur | 8-65 |
| 8.3.3-4 | Obras y Singularidades Canal Yalquincha Sur | 8-65 |
| 8.4.1-1 | Tipo Canales, Sector de Riego Ayquina | 8-66 |
| 8.4.1-2 | Estado Canales, Sector de Riego Ayquina | 8-66 |
| 8.4.1-3 | Tipo Impermeabilización Canales, Sector de Riego Ayquina | 8-66 |
| 8.4.1-4 | Material Canales con Impermeabilización, Sector de Riego Ayquina | 8-67 |
| 8.4.2-1 | Estado Canal Ayquina Derecho | 8-68 |
| 8.4.2-2 | Tipo Impermeabilización Canal Ayquina Derecho | 8-68 |
| 8.4.2-3 | Material Canal con Impermeabilización Ayquina Derecho | 8-68 |
| 8.4.2-4 | Obras y Singularidades Canal Ayquina Derecho | 8-68 |
| 8.4.3-1 | Estado Canal Ayquina Izquierdo | 8-69 |
| 8.4.3-2 | Tipo Impermeabilización Canal Ayquina Izquierdo | 8-70 |
| 8.4.3-3 | Material Canal con Impermeabilización Ayquina Izquierdo | 8-70 |
| 8.4.3-4 | Obras y Singularidades Canal Ayquina Izquierdo | 8-70 |
| 8.5.1-1 | Tipo Canales, Sector de Riego Lasana - Chiu Chiu | 8-71 |
| 8.5.1-2 | Estado Canales, Sector de Riego Lasana - Chiu Chiu | 8-72 |
| 8.5.1-3 | Tipo Impermeabilización Canales, Sector de Riego Lasana - Chiu Chiu | 8-73 |
| 8.5.1-4 | Material Canales con Impermeabilización, Sector de Riego Lasana - Chiu Chiu | 8-73 |
| 8.5.2-1 | Estado Canal Los Perales | 8-74 |
| 8.5.2-2 | Tipo Impermeabilización Canal Los Perales | 8-74 |
| 8.5.2-3 | Material Canal con Impermeabilización Los Perales | 8-74 |
| 8.5.2-4 | Obras y Singularidades Canal Los Perales | 8-74 |
| 8.5.3-1 | Estado Canal Los Ramírez | 8-75 |
| 8.5.3-2 | Tipo Impermeabilización Canal Los Ramírez | 8-76 |
| 8.5.3-3 | Material Canal con Impermeabilización Los Ramírez | 8-76 |
| 8.5.3-4 | Obras y Singularidades Canal Los Ramírez | 8-76 |
| 8.5.4-1 | Estado Canal Pona | 8-77 |
| 8.5.4-2 | Tipo Impermeabilización Canal Pona | 8-78 |
| 8.5.4-3 | Material Canal con Impermeabilización Pona | 8-78 |
| 8.5.4-4 | Obras y Singularidades Canal Pona | 8-78 |
| 8.5.5-1 | Estado Canal Ramal Pona | 8-79 |
| 8.5.5-2 | Tipo Impermeabilización Canal Ramal Pona | 8-80 |
| 8.5.5-3 | Material Canal con Impermeabilización Ramal Pona | 8-80 |
| 8.5.5-4 | Obras y Singularidades Canal Ramal Pona | 8-80 |
| 8.5.6-1 | Estado Canal San Antonio | 8-81 |
| 8.5.6-2 | Tipo Impermeabilización Canal San Antonio | 8-82 |
| 8.5.6-3 | Material Canal Con Impermeabilización San Antonio | 8-82 |

# ÍNDICE DE CUADROS


| Cuadro | Descripción | Página |
|---|---|---|
| 8.5.6-4 | Obras y Singularidades Canal San Antonio | 8-82 |
| 8.5.7-1 | Estado Canal Quilchiri | 8-83 |
| 8.5.7-2 | Tipo Impermeabilización Canal Quilchiri | 8-84 |
| 8.5.7-3 | Material Canal con Impermeabilización Quilchiri | 8-84 |
| 8.5.7-4 | Obras y Singularidades Canal Quilchiri | 8-84 |
| 8.5.8-1 | Estado Canal Buen Retiro | 8-85 |
| 8.5.8-2 | Tipo Impermeabilización Canal Buen Retiro | 8-86 |
| 8.5.8-3 | Material Canal con Impermeabilización Buen Retiro | 8-86 |
| 8.5.8-4 | Obras y Singularidades Canal Buen Retiro | 8-86 |
| 8.5.9-1 | ESTADO CANAL LA BANDA CHIU CHIU | 8-87 |
| 8.5.9-2 | Tipo Impermeabilización Canal La Banda Chiu Chiu | 8-88 |
| 8.5.9-3 | Material Canal con Impermeabilización La Banda Chiu Chiu | 8-88 |
| 8.5.9-4 | Obras y Singularidades Canal La Banda Chiu Chiu | 8-88 |
| 8.5.10-1 | Estado Canal Del Pueblo | 8-89 |
| 8.5.10-2 | Tipo Impermeabilización Canal Del Pueblo | 8-90 |
| 8.5.10-3 | Material Canal con Impermeabilización Del Pueblo | 8-90 |
| 8.5.10-4 | Obras y Singularidades Canal Del Pueblo | 8-90 |
| 8.5.11-1 | Obras y Singularidades Canal Pongo | 8-91 |
| 8.5.12-2 | Tipo Impermeabilización Canal Santa Fagustina | 8-92 |
| 8.5.12-3 | Material Canal con Impermeabilización Santa Fagustina | 8-93 |
| 8.5.12-4 | Obras y Singularidades Canal Santa Fagustina | 8-93 |
| 8.5.13-1 | Obras y Singularidades Canal Panteón | 8-94 |
| 8.5.14-1 | Obras y Singularidades Canal San Ramón | 8-95 |
| 8.5.15-1 | Estado Canal Grande | 8-96 |
| 8.5.15-2 | Tipo Impermeabilización Canal Grande | 8-96 |
| 8.5.15-3 | Material Canal con Impermeabilización Grande | 8-96 |
| 8.5.15-4 | Obras y Singularidades Canal Grande | 8-97 |
| 8.5.16-1 | Estado Canal 4 | 8-98 |
| 8.5.16-3 | Material Canal con Impermeabilización Canal 4 | 8-98 |
| 8.5.16-4 | Obras y Singularidades Canal Canal 4 | 8-99 |
| 8.5.17-1 | Tipo Impermeabilización Canal 6 | 8-100 |
| 8.5.17-2 | Obras y Singularidades Canal Canal 6 | 8-100 |
| 8.5.18-1 | Estado Canal Piar | 8-101 |
| 8.5.18-2 | Tipo Impermeabilización Canal Piar | 8-101 |
| 8.5.18-3 | Material Canal con Impermeabilización Piar | 8-102 |
| 8.5.18-4 | Obras y Singularidades Canal Piar | 8-102 |
| 8.6.1-1 | Tipo Canales, Sector de Riego Paniri | 8-103 |
| 8.6.1-2 | Estado Canales, Sector de Riego Paniri | 8-103 |
| 8.6.1-3 | Tipo Impermeabilización Canales, Sector de Riego Paniri | 8-103 |
| 8.6.1-4 | Material Canales con Impermeabilización, Sector de Riego Paniri | 8-104 |
| 8.6.2-1 | Estado Canal Paniri 1 | 8-104 |
| 8.6.2-2 | Tipo Impermeabilización Canal Paniri 1 | 8-105 |
| 8.6.2-3 | Material Canal con Impermeabilización Paniri 1 | 8-105 |
| 8.6.2-4 | Obras y Singularidades Canal Paniri 1 | 8-105 |

# ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO"
# INFORME FINAL

## ÍNDICE DE CUADROS


| Cuadro | Descripción | Página |
|---|---|---|
| 8.6.3-1 | Tipo Impermeabilización Canal Paniri 2 | 8-106 |
| 8.6.3-2 | Obras y Singularidades Canal Paniri 2 | 8-107 |
| 8.7.1-1 | Tipo Canales, Sector de Riego Turi | 8-108 |
| 8.7.1-2 | Estado Canales, Sector de Riego Turi | 8-108 |
| 8.7.1-3 | Tipo Impermeabilización Canales, Sector de Riego Turi | 8-109 |
| 8.7.1-4 | Material Canales con Impermeabilización, Sector de Riego Turi | 8-109 |
| 8.7.2-1 | Estado Canal Turi | 8-110 |
| 8.7.2-2 | Tipo Impermeabilización Canal Turi | 8-110 |
| 8.7.2-3 | Material Canal con Impermeabilización Turi | 8-110 |
| 8.7.4-4 | Obras y Singularidades Canal Turi | 8-111 |
| 8.7.3-1 | Obras y Singularidades Canal Turi Ramal 1 | 8-112 |
| 8.7.4-1 | Obras y Singularidades Canal Turi Subramal 1 | 8-113 |
| 8.7.5-1 | Obras y Singularidades Canal Ramal Pomal | 8-113 |
| 8.7.6-1 | Obras y Singularidades Canal Del Medio | 8-114 |
| 8.8-1 | Breve Caracterización de la Infraestructura de Riego Existente | 8-115 |
| 8.9.3.1-1 | Antecedentes Cartográficos y Espaciales | 8-135 |
| 8.9.3.2-2 | Formato 2 Tabla de Atributos Para SIG, Ejemplo Canal Sumac Llatja | 8-137 |
| | | |
| 10.1-1 | Subcuencas Presentes en el Sistema Modelado | 10-1 |
| 10.4.2-1 | Cursos de Agua Principales Incluidos en el Modelo WEAP | 10-10 |
| 10.4.5-1 | Demandas de Riego por Distrito Censal Agropecuario | 10-11 |
| 10.4.7-1 | Derechos de Agua Potable en Área de Estudio | 10-13 |
| 10.5-1 | Resumen de Resultados del Proceso de Calibración | 10-16 |
| 10.5-2 | Coeficiente E (Nash-Sutcliffe) Para Distintos Tipos de Ajuste | 10-19 |
| 10.6.2-1 | Concentración Promedio de Arsénico Observado v/s Modelado | 10-27 |
| 10.6.2-2 | Concentración Promedio de Boro Observado v/s Modelado | 10-31 |
| 10.6.4-1 | Concentración Promedio de Cloruros Observados v/s Modelados | 10-32 |
| 10.6.5-1 | Concentración Promedio de Conductividades Eléctricas Observado v/s Modelado | 10-34 |
| | | |
| 11.1-1 | Resumen Escenarios Modelados | 11-1 |
| 11.2-1 | Seguridad de Riego (SR) y Satisfacción de la Demanda (SD) en los Sectores Modelados | 11-2 |
| 11.2-2 | Promedios Anuales de Parámetros de Calidad de Aguas Modelados | 11-3 |
| 11.3.2-1 | Sub Escenarios de Mejoramiento de la Eficiencia Factores de Pérdida en Canales (%) | 11-7 |
| 11.3.2-2 | Sub Escenarios de Mejoramiento de la Eficiencia Eficiencia de Conducción en Canales (%) | 11-8 |
| 11.3.3-1 | Resultados Modelación | 11-9 |
| 11.4.3-1 | Comparaciónn Seguridad de Riego Entre E0 y E2 (%) | 11-14 |
| 11.6.2-1 | Derechos Eventuales Disponibles en Río Salado | 11-17 |
| 11.6.3-1 | Resumen Seguridades de Riego Para Cada Sub-Escenario Modelado | 11-20 |
| 11.7.3-1 | Resumen Seguridades de Riego Para el Escenario 5 Modelado | 11-26 |
| 11.8.3-1 | Resultado del Escenario 4 Sobre SD Y SR (%) | 11-37 |
| 11.8.3-2 | Impacto Sobre la Calidad de Aguas en Calama | 11-38 |
| 11.9.3-1 | SR y SD Para Sub-Escenario 7A (S1) Y 7B (S2) | 11-41 |
| 11.9.3-2 | Superficies de Riego con Seguridad del 85% Sub-Escenarios 7A (S1) y 7B (S2) (ha) | 11-41 |
| 11.9.3-3 | Calidad del Recurso Hídrico Para Sub-Escenarios 7A (S1) y 7B (S2) Resultados Para Calama | 11-42 |

# ÍNDICE DE CUADROS


| Cuadro | Descripción | Página |
|---|---|---|
| 11.10.3-1 | SR y SD Para E0 Y E8 (%) | 11-44 |
| 11.10.3-2 | SR y SD Para E0 Y E8b (%) | 11-45 |
| 11.10.3-3 | Calidad de Agua Resultante Para Calama en E0 y E8 | 11-46 |
| 11.10.3-4 | Calidad de Agua Resultante Para Calama en E0 y E8b | 11-47 |
| 11.12.2-1 | Información Base Central Hidroeléctrica Modelada | 11-53 |
| 12.1.1.3-1 | Parámetros Productivos de Cultivo Situación con Proyecto Escenario 1 de Mejoramiento de Conducción de Aguas | 12-9 |
| 12.1.1.3-2 | Parámetros Productivos de Cultivo Situación con Proyecto Escenarios 2-3-4-9 de Mejoramiento de Suministro de Agua | 12-11 |
| 12.1.1.3-3 | Parámetros Productivos de Cultivo Situación con Proyecto Escenario 5 de Mejoramiento de Regulación de Suministro de Agua | 12-13 |
| 12.1.1.4-1 | Parámetros Productivos de Cultivo Situación con Proyecto Escenario 6 de Mejoramiento de Regulación de Suministro y Calidad de Agua | 12-19 |
| 12.1.1.4-2 | Parámetros Productivos de Cultivo Situación con Proyecto Escenario 7 de Mejoramiento de Regulación de Suministro y Calidad de Agua | 12-21 |
| 12.1.1.4-3 | Parámetros Productivos de Cultivo Situación con Proyecto Escenario E8s1+Qeco de Mejoramiento de Regulación de Suministro y Calidad de Agua | 12-23 |
| 12.1.1.4-4 | Parámetros Productivos de Cultivo Situación con Proyecto Escenario E8s2+Qeco de Mejoramiento de Suministro y Calidad de Agua | 12-25 |
| 12.1.1.5-1 | Resumen de Modificaciones Introducidas Para Determinar los Beneficios Agroeconómicos | 12-28 |
| 12.1.2-1 | Seguridad de Riego Situación con Proyecto Todos los Escenarios | 12-30 |
| 12.1.2-2 | Uso del Suelo Situación con Proyecto Escenarios 1, 2, 4, 5 Y 9 | 12-31 |
| 12.1.2-3 | Uso del Suelo Calama Situación con Proyecto Escenario 3 | 12-31 |
| 12.1.2-4 | Uso del Suelo Calama Situación con Proyecto Escenarios 6, 7 Y 8 | 12-32 |
| 12.1.3-1 | Grado de Estabilización de los Márgenes Brutos Especies Existentes | 12-32 |
| 12.1.4-1 | Conductividad Eléctrica Escenarios | 12-33 |
| 12.1.4-2 | Resumen Demanda Bruta Final ($m^3$/mes) y Tasa de Riego Ponderada Final ($m^3$/ha/mes) Escenarios 1, 2, 4, 5 Y 9 | 12-35 |
| 12.1.4-3 | Resumen Demanda Bruta Final ($m^3$/año) y Tasa de Riego Ponderada Final ($m^3$/ha/año) Escenario 3 | 12-37 |
| 12.1.4-4 | Resumen Demanda Bruta Final ($m^3$/año) y Tasa de Riego Ponderada Final ($m^3$/ha/año) Escenarios 6, 7 Y 8 | 12-37 |
| 12.1.5.2-1 | Ingreso, Costo Directo y Margen Bruto por Hectárea Situación con Proyecto Escenario 1 de Mejoramiento de Conducción de Agua (Precios Diciembre de 2016) | 12-41 |
| 12.1.5.2-2 | Ingreso, Costo Directo y Margen Bruto por Hectárea Situación con Proyecto Escenarios 2-3-4-9 de Mejoramiento de Suministro de Agua (Precios Diciembre de 2016) | 12-43 |
| 12.1.5.2-3 | Ingreso, Costo Directo y Margen Bruto por Hectárea Situación con Proyecto Escenario 5 de Mejoramiento de Regulación de Suministro de Agua (Precios Diciembre de 2016) | 12-45 |
| 12.1.5.2-4 | Ingreso, Costo Directo y Margen Bruto por Hectárea Situación con Proyecto Escenario 6 de Regulación de Suministro y Calidad de Agua 2016)(Precios Diciembre de 2016) | 12-47 |
| 12.1.5.2-5 | Ingreso, Costo Directo y Margen Bruto por Hectárea Situación con Proyecto Escenario 7 de Regulación de Suministro y Calidad de Agua (Precios Diciembre de 2016) | 12-49 |
| 12.1.5.2-6 | Ingreso, Costo Directo y Margen Bruto por Hectárea Situación con Proyecto Escenario E8s1+Qeco y 9s3 de Mejoramiento de Regulación de Suministro y Calidad de Agua (Precios Diciembre de 2016) | 12-51 |

# ÍNDICE DE CUADROS


| Cuadro | Descripción | Página |
|---|---|---|
| 12.1.5.2-7 | Ingreso, Costo Directo y Margen Bruto por Hectárea Situación con Proyecto Escenario E8s2+Qeco de Mejoramiento de Suministro y Calidad de Agua (Precios Diciembre de 2016) | 12-53 |
| 12.1.5.2-8 | Comparación Margen Bruto por Hectárea de Rubros Productivos Escenario 1 de Mejoramiento de Conducción de Agua (Precios Diciembre de 2016) | 12-55 |
| 12.1.5.2-9 | Comparación Margen Bruto por Hectárea de Rubros Productivos Escenarios 2-3-4-9 de Mejoramiento de Suministro de Agua (Precios Diciembre de 2016) | 12-57 |
| 12.1.5.2-10 | Comparación Margen Bruto por Hectárea de Rubros Productivos Escenario 5 de Mejoramiento de Regulación de Suministro de Agua (Precios Diciembre de 2016) | 12-59 |
| 12.1.5.2-11 | Comparación Margen Bruto por Hectárea de Rubros Productivos Escenario 6 de Regulación de Suministro y Calidad de Agua (Precios Diciembre de 2016) | 12-61 |
| 12.1.5.2-12 | Comparación Margen Bruto por Hectárea de Rubros Productivos Escenario 7 de Regulación de Suministro y Calidad de Agua (Precios Diciembre de 2016) | 12-63 |
| 12.1.5.2-13 | Comparación Margen Bruto por Hectárea de Rubros Productivos Escenario E8s1+Qeco y 9s3 de Mejoramiento de Regulación de Suministro y Calidad de Agua (Precios Diciembre de 2016) | 12-65 |
| 12.1.5.2-14 | Comparación Margen Bruto por Hectárea de Rubros Productivos Escenario E8s2+Qeco de Mejoramiento de Suministro y Calidad de Agua (Precios Diciembre de 2016) | 12-67 |
| 12.1.5.3-1 | Inversión y Costos de Riego por Cintas Para 15 ha | 12-71 |
| 12.1.5.3-2 | Costos por Hectárea de Riego Tecnificado | 12-73 |
| 12.1.5.4-1 | Costos de habilitación de Terrenos con Presencia Actual de Cultivos Anuales ($/ha) | 12-74 |
| 12.1.5.4-2 | Costos de habilitación de Terrenos con Presencia Actual de Praderas Naturales y Mixtas ($/ha) | 12-74 |
| 12.1.5.4-3 | Costos de habilitación de Terrenos Actualmente sin Uso con Potencial Productivo ($/ha) | 12-74 |
| 12.1.5.4-4 | Costos de habilitación Ponderado por Hectárea | 12-75 |
| 12.1.5.5-1 | Inversión y Costos en Infraestructura de Invernaderos | 12-76 |
| 12.1.5.6-1 | Incorporación de Guano Compostado y Costos Asociados ($/ha) | 12-77 |
| 12.1.5.6-2 | Incorporación de Sulfato de Calcio y Costos Asociados en Calama | 12-78 |
| 12.1.5.6-3 | Incorporación de Sulfato de Calcio y Costos Asociados en Chiu Chiu – Lasana | 12-78 |
| 12.1.5.5-1 | Costo Unitario Itemes Programa de Asistencia Técnica y Transferencia Tecnológica Situación con Proyecto | 12-87 |
| 12.1.5.5-2 | Costo Anual Programa de Asistencia Técnica y Transferencia Tecnológica Situación con Proyecto | 12-88 |
| 12.1.6-1 | Factor Satisfacción Anual de Demanda (SD) Situación con Proyecto | 12-90 |
| 12.1.6-2 | Valores de Ky Utilizados | 12-91 |
| 12.1.6-3 | Flujo de Beneficios Agrícolas Netos del Proyecto Escenarios 1 a 4 - Precios de Mercado | 12-93 |
| 12.1.6-4 | Flujo de Beneficios Agrícolas Netos del Proyecto Escenarios 5 a 9 - Precios de Mercado | 12-95 |
| 12.1.6-5 | Flujo de Beneficios Agrícolas Netos del Proyecto Escenarios 1 a 4 - Precios Sociales | 12-97 |
| 12.1.6-6 | Flujo de Beneficios Agrícolas Netos del Proyecto Escenarios 5 a 9 - Precios Sociales | 12-99 |
| 12.2-1 | Beneficios Asociados a la Generación Hidroeléctrica | 12-101 |
| 12.3.4-1 | Resumen Daño Evitado Para Diferentes Embalses de Control de Crecidas | 12-105 |
| 12.3.4-2 | Resumen Daño Evitado Para Diferentes Embalses de Control de Crecidas | 12-105 |
| 13.4.1-1 | Resultados Análisis Territorial | 13-9 |
| 13.4.2-1 | Resultados Análisis Territorial | 13-21 |
| 13.4.3-1 | Resultados Análisis Territorial | 13-37 |
| 14.1-1 | Nivel de Impacto de Líneas de Acción en la Producción por Sub División Territorial Área de Estudios | 14-3 |

# ÍNDICE DE CUADROS


| Cuadro | Descripción | Página |
|---|---|---|
| 14.2.1.9-1 | Indicadores de Medición en Parámetros Críticos de Caracterización de Suelos por Sub Sector | 14-15 |
| 14.2.1.9-2 | Batería Referencial de Tratamientos de Suelo por Sub Sector en Función del Diagnóstico, Sector de Calama | 14-19 |
| 14.2.7.1-1 | Sistemas de Tratamiento de Aguas Grises | 14-29 |
| 14.2.7.1-2 | Reutilización de Aguas Servidas Tratadas Para Riego por Región | 14-32 |
| 14.2.7.1-3 | Comparación de Límites Máximos Admisibles en Parámetros de Calidad del Agua Para Riego (NCh 1.333) y Descarga de Residuos Líquidos a Cuerpos de Agua Fluviales (DS Nº 90/2001 Tabla Nº1) | 14-33 |
| 14.2.7.2-1 | Resultados Análisis de Laboratorio, Primera Campaña de Monitoreo | 14-37 |
| 14.2.7.2-2 | Sistema de Tratamiento de Aguas Grises | 14-38 |
| 14.2.8.2-1 | Especies Adaptadas Para Fitorremediación en Zonas Áridas | 14-43 |
| 14.2.8.3-1 | Propuestas de Tratamiento con Sistema Vetiver en Chiu Chiu y Calama | 14-47 |
| 14.2.9.2-1 | Principales Ventajas y Desventajas de la Fito Remediación de Suelos | 14-52 |
| 14.2.9.3-1 | Estudios de Caso en el Campo de la Fito-Remediación | 14-54 |
| 14.2.9.4-1 | Propuestas de Fito Remediación de Suelos | 14-57 |
| 14.2.10.2-1 | Concentraciones de Entrada y Salida | 14-60 |
| 14.1-1 | Monitoreo Calidad de Agua Planta de Abatimiento de Boro y Arsénico | 14-63 |
| 15.4-1 | Costos Mejoramiento de Canales Para Ley de Riego | 15-3 |
| 15.4-2 | Costos Directo Mejoramiento de Canales Escenario 1 ($) | 15-3 |
| 15.4-3 | Costos Embalse Turi Escenario 2 y 3 | 15-4 |
| 15.4-4 | Costo Mejoramiento Tramos del Río Escenario 6 | 15-4 |
| 15.4-5 | Costo Mejoramiento Escenario 7 | 15-4 |
| 15.4-6 | Costos Directo Mini Central Hidroeléctrica | 15-5 |
| 15.5-1 | Resultados Evaluación Económica | 15-6 |
| 15.6-1 | Resultados Análisis de Sensibilidad Precios Sociales VAN (millones $) | 15-8 |
| 16.3-1 | Patrón de Rendimientos Estructura de Cultivos Escenario con Cultivos Hidropónicos Área | 16-8 |
| 16.4.2-1 | Ingreso, Costo Directo y Margen Bruto por Hectárea Rubros Productivos Escenario Alternativo de Proyecto (Precios a Diciembre 2016) | 16-13 |
| 16.4.3-1 | Costos Iniciales Producción Hidropónica | 16-15 |
| 16.4.3-2 | Costos Operacionales Anuales Producción Hidropónica | 16-15 |
| 16.4.4-1 | Inversión y Costos en Infraestructura de Invernaderos | 16-16 |
| 16.4.5.4-1 | Costo Unitario Ítemes Programa de Asistencia Técnica y Transferencia Tecnológica Situación con Proyecto | 16-22 |
| 16.4.5.4-2 | Costo Anual Programa de Asistencia Técnica y Transferencia Tecnológica Situación con Proyecto | 16-23 |
| 16.4.6-1 | Flujo de Beneficios Agrícolas Netos del Proyecto Escenario Hidroponía | 16-24 |
| 16.5.3-1 | Resultados Evaluación Económica | 16-25 |
| 16.5.4-1 | Resultados Análisis de Sensibilidad Precios Sociales | 16-26 |

## SUSTENTABLE EN LA CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO”

## INFORME FINAL

# ÍNDICE DE FIGURAS


| Figura | Descripción | Página |
|---|---|---|
| 1.3-1 | Área de Estudio | 1-5 |
| 1.4-1 | Árbol de Problemas Área de Estudio | 1-9 |
| 2.4.2-1 | Derechos Concedidos en Sector de Estudio | 2-23 |
| 3.2.2-1 | Contexto Político—Administrativo Comuna de Calama | 3-2 |
| 3.3.2-1 | Síntesis Estrategia de Intervención | 3-17 |
| 4.2.1.2-1 | Clases Objetivo Propuestas Estudio DGA 2004 | 4-5 |
| 4.2.1.3-1 | Índice de Calidad General Para el Sector Acuífero El Loa | 4-7 |
| 4.2.1.3-2 | Índice de Calidad General Para el Sector Acuífero El Loa Georeferenciado | 4-8 |
| 4.2.2.1-1 | Ubicación de las estaciones DGA analizadas en el estudio | 4-11 |
| 4.3.1-1 | Puntos de Monitoreo | 4-29 |
| 4.4.2-1 | Nuevos Puntos Monitoreo Cuenca Río Salado | 4-42 |
| 4.4.2-1 | Clasificación Resultados CE | 4-45 |
| 4.4.3-1 | Clasificación Resultados Arsénico | 4-51 |
| 4.4.4-1 | Clasificación Resultados Boro | 4-57 |
| 4.4.5-1 | Clasificación Resultados Cloruro | 4-63 |
| 4.4.6-1 | Tramos Representativos Calidad de Aguas | 4-69 |
| 4.5-1 | Esquema del Proyecto | 4-71 |
| 5.3-1 | Esquema Para Obtención de Muestras de Suelo en Cada Punto Asociado a Calicata | 5-3 |
| 5.4-1 | Distribución Espacial de Puntos de Muestreo Sectores de Calama | 5-6 |
| 5.4-2 | Distribución Espacial de Puntos de Muestreo Chiu Chiu Lasana | 5-7 |
| 5.4-3 | Distribución Espacial de Puntos de Muestreo Ayquina Turi Paniri | 5-7 |
| 5.5.2-1 | Resultados pH en Calama | 5-11 |
| 5.5.2-2 | Resultados Contenido de Boro en Calama | 5-12 |
| 5.5.2-3 | Resultados Contenido de Cloruros en Calama | 5-13 |
| 5.5.2-4 | Resultados Contenido de Arsénico en Calama | 5-14 |
| 5.5.2-5 | Resultados Contenido de Sodio en Calama | 5-15 |
| 5.5.2-6 | Categorización de Suelos en Zona de Estudio | 5-16 |
| 5.5.3-1 | Resultados pH en Chiu Chiu – Lasana – Turi – Paniri - Ayquina | 5-17 |
| 5.5.3-2 | Resultados Contenido de Boro Chiu Chiu – Lasana – Turi – Paniri - Ayquina | 5-18 |
| 5.5.3-3 | Resultados Contenido de Arsénico en Chiu Chiu – Lasana – Turi – Paniri - Ayquina | 5-19 |
| 5.5.3-4 | Resultados Contenido de Cloruros en Chiu Chiu – Lasana – Turi – Paniri - Ayquina | 5-20 |
| 5.5.3-5 | Resultados Contenido de Sodio en Chiu Chiu – Lasana – Turi – Paniri - Ayquina | 5-21 |
| 6.2-1 | Subcuencas de Interés Para la Modelación Hidrológica | 6-2 |
| 6.3.1-1 | Estaciones Hidrometeorológicas Presentes en el Área de Estudio | 6-4 |
| 6.5-1 | Ubicación de Puntos Aforados | 6-13 |
| 6.6.2-1 | Esquema del Modelo GR2M | 6-18 |
| 6.7.1-1 | Red de Polígonos de Thiessen Empleada | 6-21 |
| 6.7.2-1 | Isotermas Medias Anuales en Subcuenca Río Toconce Antes Represa Sendos | 6-25 |

# ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO"

## INFORME FINAL

## ÍNDICE DE FIGURAS


| Figura | Descripción | Página |
|---|---|---|
| 7.5.2-1 | Ubicación Distritos Agroclimáticos Área de Estudio | 7-18 |
| 7.5.2-2 | Ubicación Distritos Agroclimáticos Área de Estudio Calama | 7-20 |
| 7.9.5-1 | Resumen Caracterización Agropecuaria Actual del Área de Estudio | 7-71 |
| 8.2.1-1 | Unifilar Sistema de Canales Sector de Riego Calama | 8-3 |
| 8.2.2-1 | Trazado Canal Dupont | 8-6 |
| 8.2.3-1 | Trazado Canal La Prensa | 8-7 |
| 8.2.4-1 | Trazado Canal Núñez | 8-9 |
| 8.2.5-1 | Trazado Canal Topater | 8-11 |
| 8.2.6-1 | Trazado Canal Cascada | 8-12 |
| 8.2.7-1 | Trazado Canal El Tronco | 8-13 |
| 8.2.8-1 | Trazado Canal Tambores | 8-14 |
| 8.2.9-1 | Trazado Canal Bilbao | 8-16 |
| 8.2.10-1 | Trazado Canal Berna | 8-17 |
| 8.2.11-1 | Trazado Canal Chañar | 8-18 |
| 8.2.12-1 | Trazado Canal Coco La Villa | 8-20 |
| 8.2.13-1 | Trazado Canal Quinta El Bosque | 8-22 |
| 8.2.14-1 | Trazado Canal Radic | 8-24 |
| 8.2.15-1 | Trazado Canal Radich | 8-25 |
| 8.2.16-1 | Trazado Canal Cobija | 8-27 |
| 8.2.17-1 | Trazado Canal Cerro Negro | 8-29 |
| 8.2.18-1 | Trazado Canal Cerro Negro Nor Oriente | 8-30 |
| 8.2.19-1 | Trazado Canal Cerro Negro Sur Poniente | 8-32 |
| 8.2.20-1 | Trazado Canal Aconcagua | 8-33 |
| 8.2.21-1 | Trazado Canal Aconcagua Norte | 8-35 |
| 8.2.22-1 | Trazado Canal Aconcagua Sur | 8-37 |
| 8.2.23-1 | Trazado Canal Chunchuri Bajo | 8-39 |
| 8.2.24-1 | Trazado Canal Lomas Bayas - FFCC | 8-40 |
| 8.2.25-1 | Trazado Canal Choque | 8-41 |
| 8.2.26-1 | Trazado Canal Tejerina | 8-42 |
| 8.2.27-1 | Trazado Canal Lay-Lay | 8-44 |
| 8.2.28-1 | Trazado Canal Chunchuri Alto | 8-46 |
| 8.2.29-1 | Trazado Canal Likantatay | 8-48 |
| 8.2.30-1 | Trazado Canal Derivado 1 | 8-49 |
| 8.2.31-1 | Trazado Canal Derivado 2 | 8-51 |
| 8.2.32-1 | Trazado Canal Sumaj Llajta | 8-52 |
| 8.2.33-1 | Trazado Canal Lay Lay La Banda Sector 1 | 8-54 |
| 8.2.34-1 | Trazado Canal Lay Lay La Banda Sector 2 | 8-56 |
| 8.2.35-1 | Trazado Canal Lay Lay La Banda 1 | 8-57 |
| 8.2.36-1 | Trazado Canal Lay Lay La Banda 2 | 8-59 |
| 8.2.37-1 | Trazado Canal Lay Lay La Banda 3 | 8-61 |
| 8.3.1-1 | Unifilar Sistema de Canales Sector de Riego Yalquincha | 8-61 |

# ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO"

## INFORME FINAL

## ÍNDICE DE FIGURAS


| Figura | Descripción | Página |
|---|---|---|
| 8.3.2-1 | Trazado Canal Yalquincha Norte | 8-63 |
| 8.3.3-1 | Trazado Canal Yalquincha Sur | 8-65 |
| 8.4.1-1 | Unifilar Sistema de Canales Sector de Riego Ayquina | 8-66 |
| 8.4.2-1 | Trazado Canal Ayquina Derecho | 8-69 |
| 8.4.3-1 | Trazado Canal Ayquina Izquierdo | 8-71 |
| 8.5.1-1 | Unifilar Sistema de Canales Sector de Riego Lasana Chiu Chiu | 8-72 |
| 8.5.2-1 | Trazado Canal Los Perales | 8-75 |
| 8.5.3-1 | Trazado Canal Los Ramírez | 8-77 |
| 8.5.4-1 | Trazado Canal Pona | 8-79 |
| 8.5.5-1 | Trazado Canal Ramal Pona | 8-81 |
| 8.5.6-1 | Trazado Canal San Antonio | 8-83 |
| 8.5.7-1 | Trazado Canal Quilchiri | 8-85 |
| 8.5.8-1 | Trazado Canal Buen Retiro | 8-87 |
| 8.5.9-1 | Trazado Canal La Banda Chiu Chiu | 8-89 |
| 8.5.10-1 | Trazado Canal Del Pueblo | 8-91 |
| 8.5.11-1 | Trazado Canal Pongo | 8-92 |
| 8.5.12-1 | Trazado Canal Santa Fagustina | 8-93 |
| 8.5.13-1 | Trazado Canal Santa Panteón | 8-94 |
| 8.5.14-1 | Trazado Canal San Ramón | 8-95 |
| 8.5.15-1 | Trazado Canal Grande | 8-97 |
| 8.5.16-1 | Trazado Canal 4 | 8-99 |
| 8.5.17-1 | Trazado Canal 6 | 8-100 |
| 8.5.18-1 | Trazado Canal Piar | 8-102 |
| 8.6.2-1 | Trazado Canal Paniri 1 | 8-106 |
| 8.6.3-1 | Trazado Canal Paniri 2 | 8-107 |
| 8.7.1-1 | Unifilar Sistema de Canales Sector de Riego Turi | 8-108 |
| 8.7.2-1 | Trazado Canal Turi | 8-111 |
| 8.7.3-1 | Trazado Canal Ramal 1 | 8-112 |
| 8.7.4-1 | Trazado Canal Sub Ramal 1 | 8-113 |
| 8.7.5-1 | Trazado Canal Pomal | 8-114 |
| 8.7.6-1 | Trazado Canal Del Medio | 8-115 |
| 8.9.1-1 | Representación Manejo de Datos en un Sistema de Información Geográfica (Sig) | 8-134 |
| 8.9.4-1 | Ventana Principal del Módulo ArcMap | 8-141 |
| 8.9.4-2 | Vista de la Tabla de Atributos | 8-143 |
| 10.1-1 | Subcuencas Presentes en el Sistema Modelado | 10-2 |
| 10.3.1-1 | Ejemplo Configuración de Catchment en WEAP | 10-3 |
| 10.3.3-1 | Esquema Interacción Río Acuífero en WEAP | 10-4 |
| 10.3.5-1 | Vista de Interface WEAP Para Configuración de Canales Ejemplo Canal Río Elqui | 10-6 |
| 10.3.7-1 | Vista de Interface WEAP Para Configuración de Sitio de Demanda Ejemplo Río Elqui | 10-7 |
| 10.4.1-1 | Esquema Topológico WEAP Loa-Salado (Vista de Ejemplo) | 10-8 |
| 10.5-1 | Estaciones Fluviométricas Empleadas en el Proceso de Calibración | 10-13 |

# ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO"

## INFORME FINAL

## ÍNDICE DE FIGURAS


| Figura | Descripción | Página |
|---|---|---|
| 10.6.1-1 | Estaciones DGA y Puntos de Muestreo de Calidad de Aguas Empleadas en el Presente Estudio | 10-24 |
| 11.7.2-1 | Ubicación Estación Fluviométrica "Río Loa en Vado Santa Bárbara" | 11-22 |
| 11.8.1-1 | Ejemplo. Comportamiento Conductividad Eléctrica en Cuenca Alta del Río Salado (µmhos/cm) | 11-29 |
| 11.8.1-2 | Ejemplo. Esquema Comportamiento Conductividad Eléctrica en Cuenca Alta del Río Salado (µmhos/cm) | 11-31 |
| 11.8.1-3 | Ejemplo. Esquema Comportamiento Conductividad Eléctrica en Cuenca Alta del Río Salado Incluyendo los Puntos Nuevos Muestreados (µmhos/cm) | 11-33 |
| 11.8.1-4 | Cauces Identificados como los Principales Aportes de Salinidad | 11-35 |
| 11.8.2-1 | Cauces Identificados como los Principales Aportes de Salinidad | 11-36 |
| 11.12.1-1 | Diagrama Selección Turbina | 11-52 |
| 12.3.2-1 | Esquema de Daños Asociados a Crecidas | 12-102 |
| 12.3.3-1 | Curva de Daños v/s Probabilidad de Excedencia (1/t) | 12-104 |
| 13.2-1 | Esquema Básico en Proceso de Confección Imagen Objetivo | 13-3 |
| 13.3-1 | Esquema Básico Proceso de Planificación Situacional | 13-5 |
| 13.4.1-3 | Árbol de Problemas Lasana – Chiu-Chiu | 13-15 |
| 13.4.1-4 | Árbol de Soluciones Lasana - Chiu-Chiu | 13-17 |
| 13.4.2-1 | Árbol de Problemas Ayquina-Turi-Paniri | 13-29 |
| 13.4.2-2 | Árbol de Soluciones Ayquina – Paniri - Turi | 13-31 |
| 13.4.3-1 | Árbol de Problemas Calama | 13-45 |
| 13.4.3-2 | Árbol de Soluciones Calama | 13-47 |
| 14.2.7.1-1 | Criterios Para Determinar la Calidad de Agua Para Reutilización | 14-30 |
| 14.2.7.2-1 | Tranque Para Acumulación de Aguas Servidas Tratadas de la Sociedad Agrícola Administradora del Aguas Servidas Tratadas de Calama Poniente | 14-36 |
| 14.2.10.2-1 | Esquema del Proyecto | 14-59 |
| 14.3.1-1 | Esquema Obstaculizadores en la Planificación Situacional | 14-64 |


# ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO"

## INFORME FINAL

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

| Fotografía | Descripción | Página |
|---|---|---|
| 3.3.3.3-1 | Fotografías de Entrevistas | 3-23 |
| 3.3.3.3-2 | Fotografía de Área de Estudio | 3-25 |
| 3.3.4-1 | Fotografía Reuniones y Territorio ADI Alto El Loa | 3-31 |
| 3.3.5.2-1 | Fotografías Reunión Directiva Comunidad Atacameña de Ayquina-Turi-Paniri | 3-35 |
| 3.3.5.2-2 | Fotografías Presentación Ante Asamblea Comunidad Atacameña de Ayquina-Turi-Paniri. | 3-36 |
| 3.3.5.2-3 | Fotografías Reunión Comisión Regional de Riego | 3-37 |
| 3.3.5.2-4 | Fotografías Reunión ASAC | 3-41 |
| 3.3.5.2-5 | Fotografías Reunión Comunidad Atacameña de Lasana | 3-43 |
| 3.3.5.2-6 | Fotografías Reunión Asociación de Regantes de Chiu Chiu | 3-45 |
| 3.3.5.3-1 | Fotografías Reunión ASAC | 3-47 |
| 3.3.5.3-2 | Fotografías Reunión Comunidad Atacameña de Lasana | 3-48 |
| 3.3.5.3-3 | Fotografías Reunión Asociación de Regantes de Chiu Chiu | 3-49 |
| 4.5-1 | Esquema del Proyecto y Fotografias Visitas Predio | 4-66 |
| 6.5-1 | Campaña de Terreno de Aforos | 6-14 |
| 7.9.2-1 | Cultivo de Alfalfa | 7-58 |
| 7.9.2-2 | Cultivo de Maíz Choclo Calameño | 7-59 |
| 7.9.2-3 | Confección de Eras de Cultivo | 7-59 |
| 7.9.2-4 | Maleza Mostaza Negra | 7-61 |
| 7.9.2-5 | Obra de Revestimiento Canal Intrapredial (INDAP) | 7-62 |
| 7.9.2-6 | Parcela Demostrativa Fundación Chile en Calama Hortalizas Hidropónicas | 7-63 |
| 7.9.3-1 | Sector Agrícola Localidad de Lasana | 7-64 |
| 7.9.3-2 | Producción de Hortalizas en Invernadero Chiu Chiu | 7-66 |
| 7.9.4-1 | Crianza de Llamas Localidad de Paniri | 7-67 |
| 7.9.4-2 | Cultivo en Terrazas Localidad de Ayquina | 7-68 |
| 7.9.4-3 | Afloramiento de Agua Para Riego Localidad de Ayquina | 7-68 |
| 7.9.4-4 | Cultivo de habas Localidad de Turi | 7-69 |
| 7.9.4-5 | Recurso Proveniente Desde Vertiente Cerro Paniri | 7-70 |
| 7.9.4-6 | Terrazas de Cultivo Localidad de Paniri | 7-71 |
| 7.9.4-7 | Diversidad de Cultivos Localidad de Paniri | 7-71 |
| 7.11.1-1 | Feria Rotativa de Calama | 7-79 |
| 7.11.1-2 | Terminal Agropecuario de Calama | 7-80 |
| 13.2-1 | Fotografías Reunión Comisión Regional de Riego | 13-2 |
| 13.2-2 | Fotografías de Entrevistas a Actores Clave | 13-2 |
| 13.4.1-1 | Fotografías Reunión Comunidad Atacameña de Lasana | 13-8 |
| 13.4.1-2 | Fotografías Reunión Asociación de Regantes de Chiu Chiu | 13-8 |
| 13.4.2-1 | Fotografía Reunión Directiva Comunidad Atacameña de Ayquina-Turi-Paniri | 13-19 |
| 13.4.2-2 | Fotografías Presentación Ante Comunidad Atacameña de Ayquina-Turi-Paniri | 13-19 |
| 13.4.3-1 | Fotografías Reunión ASAC | 13-36 |
| 14.2.8.2-1 | Sistema Vetiver Aplicado en el Valle de Lluta, Región de Arica y Parinacota | 14-45 |
| 14.2.8.3-1 | Desarrollo del Sistema Vetiver en un Tranque Acumulador | 14-49 |
| 14.2.10.2-1 | Esquema del Proyecto y Fotografias Visitas Predio | 14-62 |
| 16.2-1 | Confección Contenedor de Solución Nutritiva | 16-4 |
| 16.2-2 | Siembra de Almácigo de Lechuga en Sustrato Foamy | 16-4 |
| 16.2-3 | Plántula de Lechuga Lista Para Transplante | 16-5 |
| 16.2-4 | Cultivo Establecido de Lechuga Sistema Raíz Flotante | 16-5 |

# ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO"

## INFORME FINAL

## ÍNDICE DE GRÁFICOS


| Gráfico | Descripción | Página |
|---|---|---|
| 4.2.2.2-1 | Diagrama Stiff Modificado | 4-14 |
| 4.2.2.2-2 | Cantidad de Veces que el Valor Promedio Supera la Norma | 4-14 |
| 4.2.2.3-1 | Diagrama Stiff Modificado | 4-16 |
| 4.2.2.3-2 | Cantidad de Veces que el Valor Promedio Supera la Norma | 4-16 |
| 4.2.2.4-1 | Diagrama Stiff Modificado | 4-18 |
| 4.2.2.4-2 | Cantidad de Veces que el Valor Promedio Supera la Norma | 4-18 |
| 4.2.2.5-1 | Diagrama Stiff Modificado | 4-20 |
| 4.2.2.5-2 | Cantidad de Veces que el Valor Promedio Supera la Norma | 4-20 |
| 4.2.2.6-1 | Diagrama Stiff Modificado | 4-22 |
| 4.2.2.6-2 | Cantidad de Veces que el Valor Promedio Supera la Norma | 4-22 |
| 4.2.2.7-1 | Diagrama Stiff Modificado | 4-24 |
| 4.2.2.7-2 | Cantidad de Veces que el Valor Promedio Supera la Norma | 4-24 |
| 4.4.2-1 | Perfil de Conductividad Eléctrica Río Salado | 4-41 |
| 4.4.2-2 | Perfil de Conductividad Eléctrica Río Loa | 4-43 |
| 4.4.3-1 | Perfil Distancia / Arsénico Río Salado | 4-48 |
| 4.4.3-2 | Perfil Distancia / Arsénico Río Loa | 4-49 |
| 4.4.4-1 | Perfil Distancia / Boro Río Salado | 4-54 |
| 4.4.4-2 | Perfil Distancia / Boro Río Loa | 4-54 |
| 4.4.5-1 | Perfil Distancia / Cloruro Río Salado | 4-60 |
| 4.4.5-2 | Perfil Distancia / Cloruro Río Loa | 4-61 |
| 6.4.1-1 | Precipitaciones Medias Mensuales | 6-9 |
| 6.4.2-1 | Temperaturas Medias Mensuales | 6-10 |
| 6.4.3-1 | Caudales Medios Mensuales | 6-11 |
| 6.5-1 | Demanda de Riego Estimada Para el Sector Lasana-Chiu Chiu | 6-15 |
| 6.6.2-1 | Comparación Caudales Simulados y Observados con GR2M en Proyecto DOH 2014 (en Estación Fluviométrica Río Salado en Sifón Ayquina) | 6-18 |
| 6.6.2-2 | Comparación Caudales Simulados y Observados con GR1A en Proyecto CNR 2012 (en Estación Fluviométrica Codpa en Cala Cala) | 6-19 |
| 6.7.2-1 | ETP Media Mensual Subcuenca Río Toconce Antes Represa Sendos | 6-24 |
| 6.7.3-1 | Comparación Caudales Observados y Modelados Serie de Tiempo Completa | 6-28 |
| 6.7.3-2 | Comparación Caudales Medios Mensuales Observados y Modelados | 6-28 |
| 6.7.3-3 | Comparación Caudales Medios Anuales Observados y Modelados | 6-29 |
| 6.7.3-4 | Comparación de Curvas de Duración Mensual de Caudales Observados y Modelados | 6-29 |
| 6.7.4-1 | Serie de Tiempo Completa de Caudales Mensuales Modelados Período 1986-2015 | 6-30 |
| 6.7.4-2 | Curva de Medias Mensuales Modeladas Período 1986-2015 | 6-31 |
| 6.7.4-3 | Curva de Medias Anuales Modeladas Período 1986-2015 | 6-31 |
| 6.7.4-4 | Curva de Duración Mensual Para Caudales Modelados Período 1986-2015 | 6-32 |
| 6.7.5-1 | Serie de Tiempo de Caudales Mensuales Modelados en Subcuencas de Cabecera del Río Salado Período 1986-2015 | 6-35 |

# ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO"

## INFORME FINAL

## ÍNDICE DE GRÁFICOS


| Gráfico | Descripción | Página |
|---|---|---|
| 7.11.2.1-1 | Precios Alfalfa (Promedios Anuales) | 7-83 |
| 7.11.2.2-1 | Precios Mayoristas de Zanahoria $/Unidad (Promedio Anual en Pesos) | 7-86 |
| 7.11.2.3-1 | Evolución Precios Mayoristas del Choclo ($/unidad) | 7-89 |
| 7.11.2.4-1 | Evolución Precios Mayoristas de haba ($/kg) | 7-92 |
| 7.11.2.5-1 | Evolución Precios Mayoristas de la Acelga ($/Atado) (Pesos Reales sin IVA con el IPC del 10/2016) | 7-94 |
| 7.11.2.7-1 | Evolución Precio Anual Promedio al Productor de Ovino de Consumo ($/kg) | 7-98 |
| 10.5-1 | Caudales Mensuales Observados V/S Modelados En | 10-17 |
| 10.5-2 | Caudales Mensuales Observados V/S Modelados | 10-18 |
| 10.5-3 | Comparación de Caudales Observados V/S Modelados Promedios Mensuales (A), Curva de Duración (B), Promedios Anuales (C) | 10-20 |
| 10.5-4 | Comparación de Caudales Observados V/S Modelados Promedios Mensuales (A), Curva de Duración (B), Promedios Anuales (C) | 10-21 |
| 10.5-5 | Comparación de Caudales Observados V/S Modelados Promedios Mensuales (A), Curva de Duración (B), Promedios Anuales (C) | 10-22 |
| 10.6.2-1 | Comparación de Concentraciones Promedios Mensuales de Arsénico Modeladas V/S Observadas | 10-28 |
| 10.6.3-1 | Comparación de Concentraciones Promedios Mensuales de Boro Modeladas v/s Observadas En | 10-31 |
| 10.6.4-1 | Comparación de Concentraciones Promedios Mensuales de Cloruros Modeladas v/s Observadas En | 10-33 |
| 10.6.5-1 | Comparación de Conductividades Eléctricas Promedios Mensuales Modeladas v/s Observadas | 10-35 |
| 11.2-1 | Satisfacción de la Demanda a Nivel Mensual | 11-3 |
| 11.2-1 | Concentraciones Medias Mensuales de Arsénico | 11-4 |
| 11.2-2 | Concentraciones Medias Mensuales de Boro | 11-4 |
| 11.2-3 | Conductividad Eléctrica Media Mensual por Zona | 11-5 |
| 11.2-4 | Concentraciones Medias Mensuales de Cloruros | 11-5 |
| 11.4.2-1 | Curva de Capacidad de Embalse Turi | 11-11 |
| 11.4.3-1 | Relación Entre Seguridad de Riego y Volumen Almacenado | 11-12 |
| 11.4.3-2 | Balance Embalse Turi, Tamaño Óptimo | 11-13 |
| 11.4.3-3 | Cobertura de Demanda Media Mensual (% Satisfacción), Zona de Riego Calama | 11-13 |
| 11.5.2-1 | Seguridad de Riego Para Distintas Superficies de Riego y Tamaños de Embalses | 11-15 |
| 11.5.3-1 | Sueperficies de Riego y Volúmenes de Embalse con una Seguridad de Riego del 85% | 11-16 |
| 11.6.2-1 | Curva de Variación Estacional Zona Embalse Turi | 11-18 |
| 11.6.3-1 | Volumen Mensual Embalse Turi Para los Ditintos Sub-Escenarios | 11-19 |
| 11.7.2-1 | Comparación Entre Caudales Observados y Generados en Río Loa en Vado Santa Bárbara | 11-23 |
| 11.7.2-2 | Curva de Variación Estacional en Río Loa en Vado Santa Bárbara | 11-23 |
| 11.7.2-3 | Curva de Embalse, Embalse Conchi | 11-24 |
| 11.7.3-1 | Balance Embalse Conchi, Tamaño Óptimo | 11-25 |
| 11.7.3-2 | Satisfacción de la Demanda (SD) Media Mensual, Zonas de Riego de Calama, Chiu Chiu y Lasana | 11-26 |
| 11.10.3-1 | Conductividad Eléctrica en Calama Para E8 y E0 | 11-46 |
| 11.10.3-2 | Conductividad Eléctrica en Calama Para E8b y E0 | 11-48 |
| 11.10.3-3 | Conductividad Eléctrica en Calama Para E8b y E0 | 11-48 |

# ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO"

## INFORME FINAL

## ÍNDICE DE GRÁFICOS


| Gráfico | Descripción | Página |
|---|---|---|
| 11.11.2-1 | Curva de Capacidad de Embalse Turi | 11-49 |
| 11.12.1-1 | Curva de Duración Caudal Efluente Embalse Turi | 11-51 |
| 11.12.3-1 | Energía Mensual Generada Embalse Turi | 11-54 |



# ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO"
## INFORME FINAL


## ÍNDICE DE MAPAS


| Mapa | Descripción | Página |
|---|---|---|
| 8.8-1 | Canales Zona de Riego Calama | 8-121 |
| 8.8-2 | Canales Zona de Riego Ayquina | 8-123 |
| 8.8-3 | Canales Zona de Riego Lasana | 8-125 |
| 8.8-4 | Canales Zona de Riego Paniri | 8-127 |
| 8.8-5 | Canales Zona de Riego Turi | 8-129 |
| 8.8-6 | Canales Zona de Riego Yalquincha | 8-131 |



# ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO"
## INFORME FINAL


## ÍNDICE DE ANEXOS


| Anexo | Descripción |
|---|---|
| Anexo 2-1 | Derechos Concedidos |
| Anexo 3-1 | Minuta Reunion ASAC 8_jul_2016 |
| Anexo 3-2 | Minuta Reunion ASAC 19_jul_2016 |
| Anexo 3-3 | Resumen Loa Salado |
| Anexo 3-4 | Sistematizacion Entrevistas |
| Anexo 3-5 | Declaracion Publica Consejo Alto Loa |
| Anexo 3-6 | Minuta Reunión Chiu Chiu |
| Anexo 3-7 | CNR Loa Salado_Presentacion CRR |

# ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO"
# INFORME FINAL

## ÍNDICE DE ANEXOS


| Anexo | Descripción |
|---|---|
| Anexo 3-8 | Fotografías Reuniones |
| Anexo 3-9 | Asistencia Ayquina |
| Anexo 3-10 | Acta CRR 1 28 marzo 2017 |
| Anexo 3-11 | Asistencia ASAC |
| Anexo 3-12 | Asistencia Lasana |
| Anexo 3-13 | Asistencia Chiu Chiu |
| Anexo 3-14 | Asistencia ASAC |
| Anexo 3-15 | Asistencia Lasana |
| Anexo 3-16 | Asistencia Chiu Chiu |
| Anexo 4-1 | Calidad Aguas DGA |
| Anexo 4-2 | Shapes Puntos Muestreo |
| Anexo 4-3 | Analisis Lab |
| Anexo 4-4 | Fotos |
| Anexo 4-5 | Informe Suplementario Agriquem |
| Anexo 5-1 | Puntos Muestreo de Suelos |
| Anexo 5-2 | Resultados Laboratorio |
| Anexo 5-3 | Informe Final Resultados |
| Anexo 5-4 | Cartografía Suelos |
| Anexo 6-1 | PMM |
| Anexo 6-2 | TMM |
| Anexo 6-3 | QMM |
| Anexo 6-4 | Aforos |
| Anexo 6-5 | Series PMM subcuencas modeladas |
| Anexo 6-6 | TMM y Calculo ETP por subcuenca |
| Anexo 6-7 | GR2M Toconce Sendos (calibracion) |
| Anexo 6-8 | QMM subcuencas modeladas con GR2M |
| Anexo 7-1 | Demandas SA V2 |
| Anexo 7-2 | Pautas de entrevista agroproductiva |
| Anexo 7-3 | Entrevistas |
| Anexo 7-4 | Imágenes Complementarias |
| Anexo 7-5 | Fichas SAA |
| Anexo 8-1 | Base de Datos y Registro Fotográfico |
| Anexo 8-2 | Ficha Catastro Canales |
| Anexo 8-3 | SIG |
| Anexo 10-1 | Modelo WEAP |
| Anexo 10-2 | Calibración Modelo Cantidad |
| Anexo 10-3 | Calibración Modelo Calidad |
| Anexo 11-2 | Escenarios |

# ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO"
# INFORME FINAL

## ÍNDICE DE ANEXOS


| Anexo | Descripción |
|---|---|
| Anexo 11-3 | Gráficos Escenario 4 |
| Anexo 11-4 | Generación Estocástica de Qaf Emb Conchi |
| Anexo 11-1 | Pérdida Canales |
| | |
| Anexo 12-1 | Análisis Esc 4 (J. Olave) |
| Anexo 12-3 | Fichas SCP |
| Anexo 12-4 | Flujos Agroeconómicos |
| Anexo 12-2 | Demandas SCP |
| | |
| Anexo 15-1 | Costos Escenarios |
| Anexo 15-2 | Evaluación Económica |
| Anexo 15-3 | Análisis Sensibilidad Costos |
| Anexo 15-4 | Análisis Sensibilidad Beneficios |
| | |
| Anexo 16-2 | Fichas Técnico-Económicas |
| Anexo 16-1 | Antecedentes MPH |
| Anexo 16-3 | Evaluación Económica Hidroponía |

# CAPÍTULO 1

# INTRODUCCIÓN AL INFORME FINAL

# 1. INTRODUCCIÓN AL INFORME FINAL

## 1.1. Introducción

Durante los años 2012 y 2013, la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas (DOH), llevó a cabo el ***Estudio de Prefactibilidad "Alternativas de Obras de Regulación y Control de Crecidas en la Hoya del Río Salado (Afluente del Río Loa), Región de Antofagasta"***, el cual entre sus objetivos principales señalaba:

> *"...realizar a nivel de prefactibilidad los estudios técnicos, legales, ambientales y económicos de alternativas de solución para la mitigación de las inundaciones provocadas por las crecidas del río Salado, principal afluente del río Loa. Entre las alternativas a analizar se encuentran: obras de defensas fluviales y de encauzamiento en los ríos Loa y/ó Salado, un embalse o un conjunto de ellos para la regulación de crecidas en el río Salado y sus afluentes y otras."*

Debido a la posibilidad de incorporar obras de regulación en la cuenca del Río Salado, la Comisión Nacional de Riego (CNR) antes del comienzo de este estudio solicitó llevar a cabo esta iniciativa de inversión, por tratase de una iniciativa con una clara aptitud de obra multipropósito, donde sería posible incorporar otras variables como regulación de recursos para riego y generación hidroeléctrica, entre otros.

Esta solicitud fue analizada por el Consejo de Ministros de la CNR Nº 160 realizado el 28 de noviembre de 2011, donde se resolvió lo siguiente:

> *"Que la DOH continuará, según su planificación, ejecutando el estudio del Embalse Río Salado en su eje de mitigación de control de crecidas.*
>
> *La Comisión Nacional de Riego está autorizada para realizar un estudio básico que determine usos complementarios al de control de crecidas, tales como potencial de riego, hidrogeneración, áreas verdes u otros.*
>
> *Con ambos estudios, si los resultados son positivos, se presentará a factibilidad el proyecto multipropósito al Sistema Nacional de Inversiones, y se continuará con el proceso normal para inversión en obras hidráulicas, con la salvedad que no se debe cambiar el lugar de emplazamiento del embalse Río Salado en la forma definida por la DOH"*

Lo anterior, consta en la Resolución CNR N° 4369 Exenta del 29 de diciembre de 2011, que aprueba el acta de dicha sesión del Consejo de Ministros.

Durante el desarrollo del estudio llevado por la DOH, la CNR efectuó coordinaciones con los equipos técnicos del Departamento de Aguas Lluvias de la DOH, para solicitar que el estudio pudiera contar con los antecedentes necesarios para realizar un análisis multipropósito, entre ellos, estadísticas de caudales medios, parámetros geométricos de las obras (curvas de embalse) y costos asociados a esta para la elaboración de una evaluación económica, entre otros.

Dichas gestiones, se plasmaron en la confección de un estudio de Perfil denominado ***"Estudio de Perfil Alternativa Embalse para Riego Sector Turi, Provincia del Loa Región de Antofagasta"*** elaborado a partir de los antecedentes obtenidos del estudio de prefactibilidad, el cual se hizo llegar a la Secretaria Ejecutiva de la CNR a través del ORD. DPALL DOH N°25797 de fecha 15 de noviembre de 2013, y que forma parte de las referencias técnicas del presente estudio básico. En forma paralela al desarrollo del Informe Técnico, el equipo profesional de la CNR, ha efectuado análisis de las condiciones actuales del riego en la zona del Oasis de Calama, además de entrevistas a agricultores, concluyendo que los estudios solicitados por el Consejo de Ministros, requieren ser complementados con antecedentes de calidad de aguas y edafológicos de la zona de interés.

En función de los antecedentes y resoluciones expuestos, el presente estudio se adjudicó mediante resolución CNR Nº 2.429 del 07 de junio de 2016 a Arrau Ingeniria SpA. El presente Estudio tiene por finalidad hacer la presentación, justificación y descripción del Estudio Básico "***GESTIÓN Y DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA RIEGO EN LA CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO",*** el cual, entre sus objetivos contempla dar cumplimiento a lo solicitado tanto por el Consejo de Ministros de la CNR como por los agricultores de la zona.

## 1.2. Objetivos del Estudio

### 1.2.1. Objetivo General

Los objetivos generales del Estudio son:

- Contribuir a la sostenibilidad de la agricultura del Oasis de Calama y sectores aledaños a través del estudio de la disponibilidad de la calidad de las aguas, así como la salinización de los suelos y propuestas de alternativas de mejoramiento de estos recursos.

- Diagnosticar la situación actual de la agricultura de riego de la ciudad de Calama, y proponer alternativas de mejoramiento tanto de la calidad (mezclas, desvíos, Fito remediación) como de la recuperación de los suelos destinados a la agricultura.

- Estudiar alternativas de mejoramiento de la calidad de las aguas de riego que abastecen a la ciudad de Calama, a través de la operación conjunta de los

embalses Conchi y el embalse de crecidas proyectado sobre el río Salado y medidas complementarias (fitorremediación, desvío de caudales, entre otros).

### 1.2.2. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos del estudio son:

- Analizar el estado de las aguas de riego que hoy se aplican a los sectores productivos de la zona de estudio, a través de información secundaria y a través de información primaria con mediciones de calidad de aguas en terreno con campañas de muestreos.

- Cuantificar la cantidad y oportunidad de la disponibilidad de agua de riego en la zona de estudio.

- Analizar el estado de los suelos (estudio edafológico) que actualmente se riegan en la zona de estudio como de aquellos que hayan sido regados en épocas anteriores, identificando factores o agentes históricos que permitan explicar su estado actual.

- Cuantificar la actual superficie de riego, la superficie regada en épocas anteriores y aquella superficie potencial posible de ser incorporada a riego, bajo la hipótesis de contar con condiciones de riego para ello.

- En base a los estudios de aguas y suelo, desarrollar un análisis multi-criterio que permita obtener un diagnóstico de la zona de estudio en cuanto a su aptitud agrícola y productiva en Situación Actual.

- En base al Diagnóstico efectuado, proponer líneas de acción a través de perfiles de iniciativas, programas estudios o proyectos que permitan mejorar y aumentar las condiciones productivas del valle.

- Analizar el impacto en la disponibilidad y oportunidad de las aguas de riego, bajo la hipótesis de incorporar un embalse en la cuenca del Río Salado, previamente definido por la DOH, que opere en conjunto con el embalse Conchi.

- Modelar el comportamiento de la calidad del agua del rio Salado y Loa, de manera de obtener una calidad de agua mejorada, estimando el posible impacto del aumento tanto del caudal como de la calidad del agua en la calidad y productividad agrícola del área beneficiada.

- Evaluar posibles usos de la obra propuesta en el estudio de la DOH, en el marco de un Plan Multipropósito.

- Proponer alternativas de mejoramiento para la calidad de aguas y suelos, y proponer eventuales medidas complementarias (fitorremediación, desvío de afluentes contaminados, entubamientos, etc.).

## 1.3. Área de Estudio

El área de estudio se encuentra inserta en la cuenca del río Loa y río Salado ubicada en la Región de Antofagasta, que limita al Sur con la Región de Atacama, al Norte con la Región de Tarapacá, al Noreste con Bolivia, al Sureste con Argentina y al Oeste con el Océano Pacífico. La zona específica del Estudio corresponde al cauce del río Salado y sus afluentes, y al cauce del río Loa desde el tranque Conchi hasta más abajo de la zona agrícola de Calama (zona de potencial interés agropecuario). Ambos ríos confluyen aguas abajo de la localidad de Chiu Chiu.

La cuenca del río Loa es la única cuenca exorreica de la Región de Antofagasta. Tiene un cauce de 440 km de longitud y atraviesa el Desierto de Atacama, hasta llegar a su desembocadura en el océano pacífico Su hoya hidrográfica comprende una superficie de 33.570 km², pero es activa en solo un 20%, en el sentido de captar recursos hídricos de precipitaciones en la cordillera (DGA, 2012).

El río Salado tiene sus orígenes en más de 30 vertientes frías y termales surgentes, en una gran hoyada que se extiende a los pies de la cadena del volcán Tatio, a unos 4.200 m.s.n.m. Después de un breve recorrido S-N, toma dirección al W, labrando también un profundo cañón de 100 m o más de altura en las tobas soldadas e ignimbritas riolíticas. En su curso medio recibe desde el norte el río Toconce reunido con el Hojalar, más abajo recibe por su orilla izquierda al río Caspana. En los afluentes del norte es donde se encuentra la principal toma de agua dulce con fines domésticos para Antofagasta, Tocopilla y las oficinas salitreras (DGA, 2012).

La zona específica de estudio, está comprendida principalmente por las actuales áreas de riego de la cuenca del río Loa, hasta la zona de Calama. lncluye los sectores de Chiu Chiu, Lasana en el río Loa, los sectores de Caspana y Toconce en el río Salado y el Oasis de Calama luego de la unión de los ríos Loa y Salado. El área de estudio se presenta en la Figura 1.3-1.

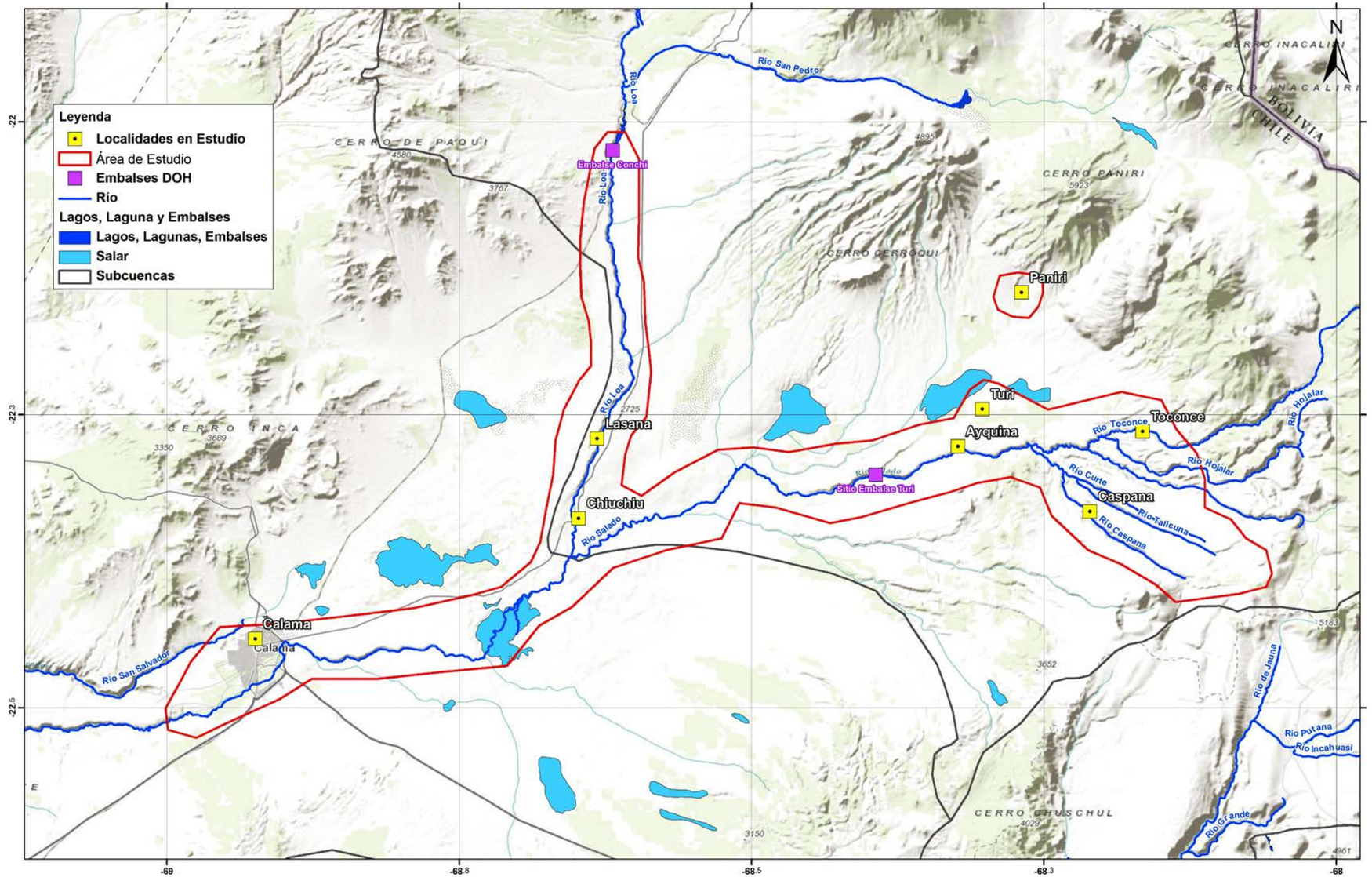



**FIGURA 1.3-1**
**ÁREA DE ESTUDIO**

Fuente: Elaboración propia.

## 1.4. Árbol de Problemas Área de Estudio

Con el fin de visualizar la problemática identificada se presenta la Figura 1.4-1, donde se muestra el árbol de problemas del Área de Estudio desarrollado en el marco del estudio. En la parte inferior de la figura se observan las diferentes condicionantes que afectan la actividad agrícola, y en la parte superior se muestran los efectos del deterioro de la actividad agrícola.

A modo de ejemplo, entre los elementos que se analizan en esta etapa del estudio están los temas de cantidad de agua (datos bases de tipo hidrológico), calidad del agua, infraestructura, calidad de suelos, y el estudio agropecuario. En la siguiente etapa se analizarán temas de disponibilidad de agua (como resultado de la modelación en situación base), consecuencias de la falta de agua, su calidad y el suelo, en el análisis del potencial agropecuario de la zona.

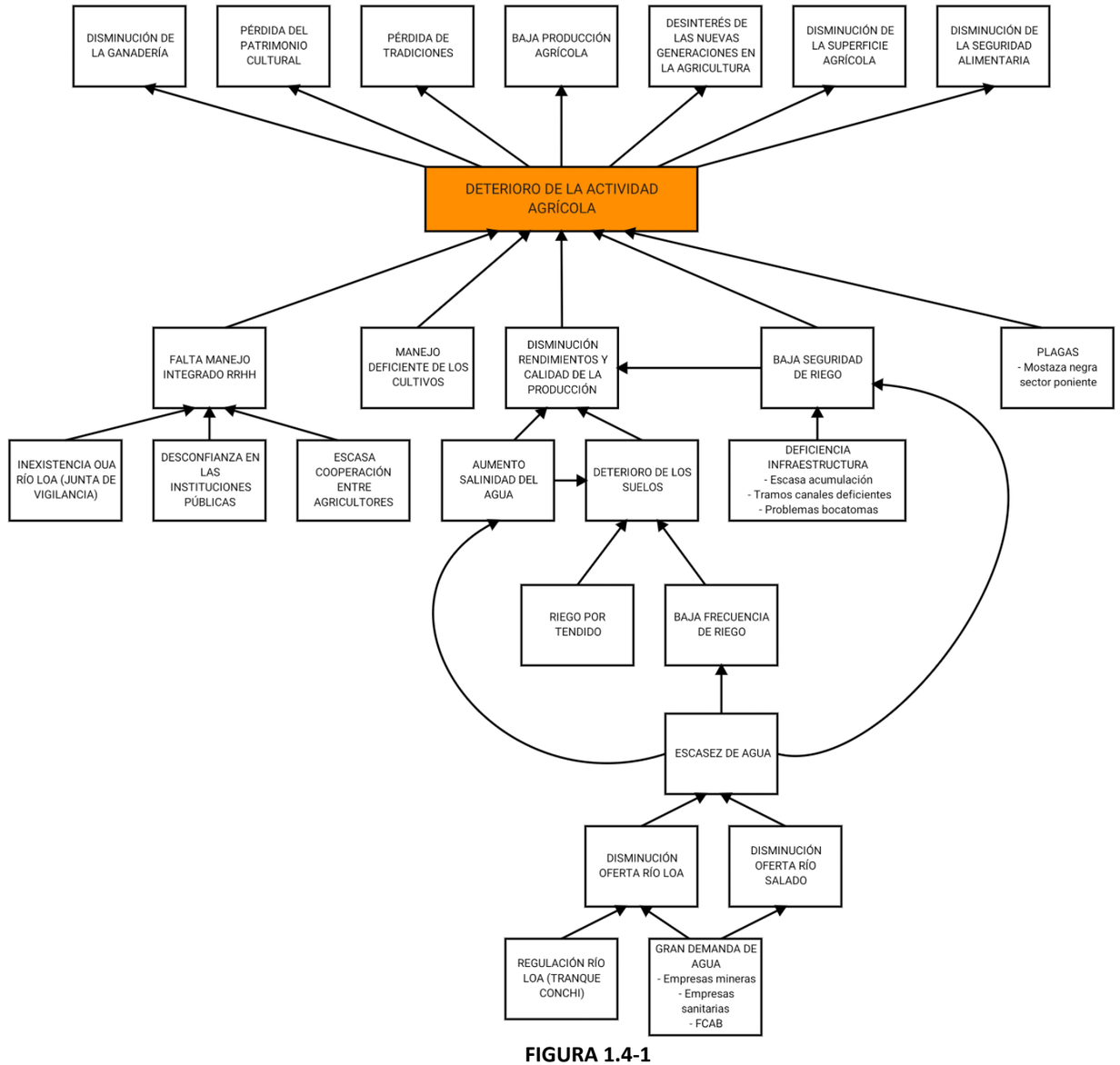



**FIGURA 1.4-1**
**ÁRBOL DE PROBLEMAS ÁREA DE ESTUDIO**

Fuente: Elaboración propia.

## 1.5. ontenido del Informe

El informe se divide en 17 capítulos de acuerdo a lo siguiente:

| Cap. | Nombre | Descripción |
|---|---|---|
| 1. | Introducción y Presentación | Incluye la introducción, los objetivos, una breve presentación del área de estudio, un breve análisis del árbol de problemas del territorio, y el contenido del informe |
| 2. | Revisión y Análisis de Antecedentes | Se exponen y analizan los antecedentes revisados, ya sean estudios o fuentes de información cuyos contenidos sean atingentes al estudio. |
| 3. | Caracterización Social del Área de Estudio y Coordinación con Comunidades | Este capítulo se articula en torno a dos ejes: la generación de un diagnóstico socio territorial del área de estudio y, exponer los principales trabajos desarrollados como parte del proceso de participación ciudadana en el presente estudio. |
| 4. | Catastro y Muestreo de Calidad de Aguas | Se detalla y analiza la información de calidad de agua recopilada para el presente estudio, además se exponen y analizan los resultados de la campaña de muestreo realizada. |
| 5. | Caracterización y Diagnóstico Físico Químico de Suelos | Se expone el detalle de la campaña de muestreo de suelos, con sus resultados parciales y su análisis respectivo. |
| 6. | Caracterización Hidrológica | Se desarrollan las acciones necesarias para poder obtener los caudales medios mensuales en las cabeceras de las cuencas mediante la implementación de un modelo hidrológico. |
| 7. | Situación Actual Agropecuaria | Se describen en detalle las principales características del ámbito productivo agropecuario del área de estudio, tales como el tamaño de la propiedad agrícola, antecedentes productivos, sistemas de riego, agroclimas y finalmente una caracterización agroproductiva. |
| 8. | Caracterización de Infraestructura Actual de Riego | Se describe la realización del catastro de Infraestructura de riego realizado en terreno, su posterior sistematización |
| 9. | Diagnóstico Preliminar Agropecuario | Se identifican y describen las principales problemáticas y restricciones asociadas a la actividad agropecuaria y se esbozan algunas posibles soluciones. |

| Cap. | Nombre | Descripción |
|---|---|---|
| 10. | Modelo de Simulación | Incluye las bases del modelo de simulación, además del proceso de calibración del modelo |
| 11. | Resultados de los Escenarios Modelados | Se presentan los resultados de los escenarios modelados |
| 12. | Beneficios Asociados a los Escenarios | Se presenta la metodología para la evaluación de los posibles beneficios que se pueden obtener con las obras asociadas a los escenarios. Se incluyen también los beneficios asociados a diferentes condiciones de calidad y de disponibilidad |
| 13. | Diagnóstico Territorial, Definición de Imagen Objetivo y Brechas | Se presenta un resumen del diagnóstico territorial desde el punto de vista de 5 aspectos, para luego presentar el árbol de problemas y concluir con la imagen objetivo propuesta para el territorio |
| 14. | Líneas de Acción en la Gestión del Riego | Se presenta en primer lugar las líneas de acción a nivel general, para luego presentar los árboles de soluciones propuestas, para finalmente presentar las líneas de acción a nivel territorial |
| . | | |
| 15. | Evaluación Técnico-Económica de los Escenarios | Se presentan los aspectos conceptuales para la evaluación de los escenarios, además de los resultados de la evaluación de los escenarios considerados |
| 16. | Escenario Productivo Alternativo Sin Uso del Suelo | Se presentan las características del sistema alternativo de cultivo basado en hidroponía y uso de invernaderos |
| 17. | Conclusiones y Recomendaciones | Se presentan las conclusiones del estudio y recomendaciones para las etapas siguientes |

# CAPÍTULO 2

# REVISIÓN Y ANÁLISIS DE ANTECEDENTES

# 2. REVISIÓN Y ANÁLISIS DE ANTECEDENTES

## 2.1. Introducción

Se ha efectuado la identificación y recolección de la información existente que resulta necesaria y de interés para lograr los objetivos de esta Consultoría. Esta información, se ha obtenido principalmente de estudios desarrollados por instituciones públicas y privadas, vinculadas a los temas de obras de control de crecidas en las hoyas hidrográficas de los ríos Salado y Loa y a otros temas directamente relacionados con éstos.

Esta recopilación ha sido realizada a objeto de obtener información preliminar de las distintas materias que se abordan en el Estudio. La información ha sido clasificada por tema, en los cuales se abordan: Estudios Generales, Antecedentes de Contaminantes en Agricultura y Salud Pública, Antecedentes de Caracterización Agroproductiva y Antecedentes de Derechos de Aprovechamiento de Aguas.

En el Cuadro 2.1-1 se presenta el resumen del tipo de información que se obtuvo en los diferentes estudios revisados. La información secundaria aporta al marco de referencia del presente estudio, como base para el análisis de la situación actual y futura. La mayor parte de la información del presente estudio ha sido obtenida a través de las campañas de terreno, tales como datos de agua, suelos y tipo de agricultura, entre otros. En el caso de la caracterización agropecuaria los datos duros fueron obtenidos de fuentes secundarias, ya que no pudieron ser recogidos en encuestas de terreno, por los motivos presentados en Capítulo 7 sobre Situación Actual Agropecuaria, Acápite 7.8 sobre entrevistas de caracterización. El detalle de los estudios revisados se presenta en los acápites siguientes.

**CUADRO 2.1-1**
**RESUMEN DE INFORMACIÓN DE FUENTES SECUNDARIAS UTILIZADA EN EL PRESENTE ESTUDIO**

| ESTUDIO | INFORMACIÓN UTILIZADA |
|---|---|
| **ESTUDIOS GENERALES** | |
| Plan de Gestión de Riego Región de Antofagasta, CNR – AMPHOS 21, 2017. | Marco referencial para el análisis de derechos de agua concedidos en la zona de estudio; futuros proyectos posibles de incluir en la zona. |
| Compendio Cartográfico Regionalizado Proyectos de Energías Renovables en Chile. Ministerio de Energía, 2016. | Estado de proyectos hidroeléctricos en la Región de Antofagasta. |
| Estudio de Prefactibilidad "Alternativas de Obras de Regulación y Control de Crecidas en la Hoya del Río Salado (Afluente del Río Loa), Región de Antofagasta", DOH – Arrau Ingeniería EIRL, 2014. | Estadísticas Hidrometeorológicas.<br>Métodos de modelación Hidrológica. |

## CUADRO 2.1-1
## RESUMEN DE INFORMACIÓN DE FUENTES SECUNDARIAS UTILIZADA EN EL PRESENTE ESTUDIO

| ESTUDIO | INFORMACIÓN UTILIZADA |
|---|---|
| **ESTUDIOS GENERALES** | |
| Diagnóstico Plan Estratégico Para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta, DGA - Arrau Ingeniería EIRL, 2012. | Estadísticas Hidrometeorológicas. |
| Catastro de Obras de Riego y Elaboración del Plan de Inversiones al año 2018 Zona Norte. Regiones de Arica y Parinacota a Metropolitana. Informe final. Catastro de Obras de Riego y Rehabilitación de Obras Menores de Riego. PROMM.- Santiago: PROCIVIL, 2009. | Marco de referencia de propuestas para el desarrollo de la zona de estudio. |
| Diagnóstico del Riego y Drenaje en la II Región, CNR - AC Ingenieros Consultores Ltda., 2003 | Marco referencial agropecuario para el estudio. |
| Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cursos de Agua Según Objetivos de Calidad, Cuenca del Río Loa. Cade-Idepe, 2004. | Marco referencial análisis de calidad de aguas.<br>Información respecto de los factores incidentes de los valores altos de parámetros de calidad. |
| Ministerio de Obras Públicas Dirección General de Aguas Departamento de Estudios y Racionalización, Estudio de Racionalización del Área de Riego del Rio Loa II Región de Chile, Hans Niemeyer Fernández, 1979 | Marco referencial general para el estudio |
| Análisis General del Impacto Económico de Norma Secundaria de Calidad de Aguas del río Loa en el Sector Silvoagropecuario. SAG, 2005. | Información sobre estudio MINSAL, 1982<br>Información referencial sobre los efectos de los parámetros de calidad de aguas. |
| **ANTECEDENTES DE CARACTERIZACIÓN AGROPRODUCTIVA** | |
| Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) | Antecedentes de precios y volúmenes transados en el mercado mayorista de Santiago. |
| Comisión Nacional de Riego – CIREN Corfo | Para verificar los antecedentes de Evapotranspiración Potencial existentes para el área en estudio. |
| INDAP | El INDAP posee información del uso actual del suelo y de valores económicos. También aporta publicaciones enfocadas a la capacitación de agricultores de la zona norte. |
| Agroindustrias y Ferias | La información proporcionada por las empresas de agroindustria y ferias permitió obtener referentes sobre la situación actual y perspectivas que enfrenta la actividad en la zona, los que serán de suma utilidad en el planteamiento de los criterios de desarrollo para el área del proyecto. |
| Asraf, M.; Oztur, M. and Ahmad, M.S.A..2010. Plant adaptation of phytoremediation. Springer Science | Se utilizará como referencia para definir opciones de futuras medidas para mejorar la situación actual. |
| Guo-Xim Sun; Williams, P. and Yong-Huan Zhu. 2009. Mechanics of arsenic uptake and metabolism by plants: Focusing on Rice. Japan Meeting Manuscript. | Marco de referencia relacionado con la contaminación de arsénico en las plantas. |
| Guzmán, M. y Olave, J. 2006. Both electrical conductivity and sodium absorption ratio of fertigation solution affect yield and quality of soilless melon crops. Acta Hort. (ISHS)718:485-490. | Marco de referencia de efecto de sales en cultivos. |

**CUADRO 2.1-1**
**RESUMEN DE INFORMACIÓN DE FUENTES SECUNDARIAS UTILIZADA EN EL PRESENTE ESTUDIO**

| ESTUDIO | INFORMACIÓN UTILIZADA |
|---|---|
| **ANTECEDENTES DE CARACTERIZACIÓN AGROPRODUCTIVA** | |
| Guzmán, M. y Olave, J. 2006. Response of growth and biomass production of primed melon seed (Cucumis melo L. cv. Primal) to germination salinity level and N-forms in nursery. Journal of Food Agriculture & Environment, Vol.4(1):163-165 | -Marco de referencia de efecto de sales en cultivos. |
| Marañes, A.; Sánchez, J.; de Haro, S.; Sánchez, S. y del Moral, F. 1998. Análisis de Suelos. Metodología e Interpretación. Servicio de Publicaciones Universidad de Almería, España.184 p. | -Marco de referencia general para análisis de suelo. |
| Diagnóstico y Propuesta de Fomento a la Agricultura Regada en la II Región, CNR y Gobierno Regional II Región-GEOFUN PROCIVIL, 2000. | -Referencia de propuestas de desarrollo comunal, que servirán para el planteamiento de escenarios a estudiar. |
| Agricultura en el desierto de la II Región de Chile. Proyecto agrícola San Pedro de Atacama. Calama. Universidad Arturo Prat. Ilustre Municipalidad de San Pedro de Atacama. Jornada de Difusión Agrícola, 2000. | -Marco de referencia de estado de la agricultura en San Pedro de Atacama, destacan problemáticas clave que aún persisten en zona de estudio. |
| Consultoría DEP-015 "Diagnóstico Obras de Riego Pueblos Hoya Río Salado, II Región"; Dirección de Riego, 1995. | -Marco referencial para el estudio de suelo, ya que contiene un análisis completo de los suelos de la Región al año 1993. |
| "Diagnóstico del Uso y Evaluación de Recursos Suelo, Clima y Agua en Comunidades Étnicas de la Provincia del Loa". Fundación Chile. 1993. | -Marco de referencia para conocer el uso del suelo a la fecha de estudio, pudiendo compararla con información del estudio en curso, para deducir razones de condiciones actuales. |
| **ANTECEDENTES DE DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS** | |
| Diagnóstico Situación Legal de Derechos de Agua Cuenca del Loa". Yanasa Massi, 2014. | -Registro de comuneros y usuarios de aguas de la cuenca del río Loa. |

Fuente: Elaboración propia.

## 2.2. Estudios Generales

### 2.2.1. Plan de Gestión de Riego Región de Antofagasta, CNR – AMPHOS 21, 2017.

El principal objetivo de este estudio fue contribuir al uso sostenible y eficiente de los recursos hídricos de la Región de Antofagasta para riego, a partir de la elaboración de un plan de gestión de aguas para riego y drenaje. Este plan se diseñó y validó con la participación de los usuarios/as y agentes regionales y locales y se abordaron los siguientes objetivos específicos:

- Elaborar un diagnóstico de la región abordada en el estudio. Este diagnóstico tendrá en cuenta la gestión del agua para riego y drenaje; la disponibilidad de infraestructura; los aspectos ambientales; los aspectos institucionales, entre otros que puedan surgir.

- Definir y desarrollar una imagen objetivo, respecto a la gestión del agua para riego y desarrollo agrícola en la cuenca hídrica considerada.

- Estimar las brechas entre la relación línea de base y la imagen objetivo o escenarios.

- Proponer un conjunto de iniciativas de inversión priorizadas, así como formular mejoras institucionales y/o, de gestión que favorezcan el desarrollo del riego y de la agricultura de la región.

- Validar el Plan de Gestión de Riego Regional (PGR) a nivel de usuarios/as, así como también a nivel de la Comisión Regionales de Riego, de las mesas de agua y/u otras instancias regionales.

- Elaborar un Sistema de Información Geográfico (SIG) donde se visualice el catastro de los proyectos y estudios existentes, además de la cartera de iniciativas del plan.

Del estudio, se desprendieron varias iniciativas que podrían ser ejecutadas en la Región de Antofagasta, todas tendientes a mejorar la calidad y disponibilidad del agua, junto con la transferencia tecnológica dirigida a los agricultores, con especial cuidado en los pueblos ancestrales de la zona. Entre las iniciativas, se encuentran potenciar la transferencia tecnológica en sistemas de riego intrapredial y manejo de obras de riego extraprediales, generar estudios de conducción de agua en algunas zonas, validación de sistemas de abatimiento de boro y otros contaminantes, estudios de cauces, etc.

Si se comparan las necesidades actuales que enfrenta la población de la Región de Antofagasta, recogidas en el presente estudio revisado y las tomadas en el proyecto "Diagnóstico Obras de Riego Pueblos Hoya Río Salado, II Región"; Dirección de Riego, 1995, se observa que los requerimientos generales de los aspectos relacionados con la agricultura han permanecido, a pesar de haber pasado más de 20 años entre ambos estudios. Destacan la necesidad de aumentar la oferta hídrica, mejorar la calidad del agua y del suelo (permanecen problemas de contaminación por metales y sales) mejorar la transferencia tecnológica hacia los agricultores y mejorar la infraestructura de riego en algunos sectores.

### 2.2.2. Estudio de Prefactibilidad “Alternativas de Obras de Regulación y Control de Crecidas en la Hoya del Río Salado (Afluente del Río Loa), Región de Antofagasta”, DOH – Arrau Ingeniería EIRL, 2014.

Este estudio tuvo por objetivo general realizar, a nivel de prefactibilidad, los estudios técnicos, legales, ambientales y económicos de alternativas de solución para la mitigación de las inundaciones provocadas por las crecidas del río Salado, principal afluente del río Loa. Entre las alternativas que se analizaron, se encuentran: obras de defensas fluviales y de

encauzamiento en los ríos Loa y/o Salado, un embalse o un conjunto de ellos para la regulación de crecidas en el río Salado y sus afluentes, y una cuenca de retardo de las aguas del río Salado.

El estudio contiene una revisión completa de la hidrología, geomorfología y el detalle de las crecidas del Río Salado, entre otros.

Para el caso de los embalses se debían identificar el o los emplazamientos, sus capacidades, las tipologías de muro de presa que se planteen, etc., como también sus obras anexas respectivas.

Los objetivos específicos de esta Consultoría fueron:

- Identificar, diagnosticar, cuantificar y valorizar los daños que producen las crecidas y sedimentos de acuerdo a distintos períodos de retorno.
- Identificar los mejores sitios para emplazamientos de obras de regulación que permitan mitigar los daños provocados por crecidas y sedimentos.
- Analizar la situación de los recursos hídricos de la hoya, identificando los derechos de aprovechamiento que se hayan concedido, así como aquellos recursos excedentes que pudieran ser embalsados en las obras que se propongan en esta consultoría.
- Ejecutar diferentes estudios de ingeniería básica a nivel de prefactibilidad (hidrología, geología, hidráulica fluvial y de embalses, mecánica fluvial, transporte de sedimentos, etc.), para el estudio de alternativas de obras para la mitigación de crecidas.
- Prediseñar a nivel de factibilidad las obras de defensa fluvial y/o de encauzamiento.
- Predimensionar a nivel de prefactibilidad las alternativas propuestas de obras de regulación (presas permeables o estancas).
- Determinar los precios unitarios a ser utilizados en la elaboración de los presupuestos de las alternativas consideradas.
- Elaboración de los presupuestos correspondientes.
- Estudiar y plantear la operación del sistema de control de crecidas y su optimización.
- Desarrollar un Programa de Participación Ciudadana (PAC).

- Realizar un Estudio de Análisis Ambiental del Proyecto (EAA).

- Evaluar socioeconómicamente las alternativas planteadas y recomendar las más convenientes.

El resultado de los estudios desarrollados permitió recomendar que se continuara con las etapas siguientes del proyecto, con las obras propuestas en el Escenario 2-B Situación Actual Mejorada, que fue el único que resultó con indicadores económicos favorables a nivel de precios sociales.

Las alternativas de embalses de control de crecidas y la cuenca de retardo no resultaron factibles desde el punto de vista económico, básicamente por las siguientes razones:

- Los daños potenciales que pueden producir las inundaciones del río Loa en Calama se han reducido sustancialmente en los últimos años, debido a que se construyeron defensas con gaviones en el sector habitacional de Codelco, denominado Lomahuasi, que era uno de los principales sectores afectados por las inundaciones del río Loa. Por lo tanto, el potencial daño evitado por el proyecto se disminuyó en forma significativa y consecuentemente, se disminuyeron los potenciales beneficios por concepto de daño evitado esperado.

- Los sectores puntuales de Calama susceptibles de tener daños por las crecidas del río Loa, como es el caso del puente Topater, el sector aguas abajo del puente Dupont, el sector camino La Cascada y las seis bocatomas de canales de riego, pueden enfrentar adecuadamente las inundaciones del río Loa, hasta T = 100 años, con obras de protección de las riberas y rectificaciones del cauce. Por lo tanto, se estima que el objetivo que podrían haber cumplido los embalses de control de crecidas y/o la cuenca de retardo, es logrado de mejor forma y con menor costo por soluciones puntuales en el río Loa en Calama.

- De acuerdo con los resultados del Modelo Operacional de Crecidas, se produciría un bajo efecto de los embalses de control de crecidas ubicados en el río Salado y de la Cuenca de Retardo, en la disminución de los caudales peak que llegan al río Loa en Calama. Esto hace que los correspondientes beneficios asociados a los embalses, expresados en términos de daños evitados esperados hayan sido también bajos.

- Los costos de las obras de embalse de control de crecidas son bastante altos, toda vez que se trata de obras que requieren un gran movimiento de material seleccionado para la construcción del muro desde un empréstito y por el hecho que están ubicados lejos de centros urbanos, con lo cual se debe

considerar mayores costos por concepto de transporte del personal y de todos los materiales y equipos.

Es posible dar seguridad a la ciudad de Calama para un Período de Retorno de 100 años sin necesidad de reducir los caudales, sino que solamente con obras de adecuación y protección del cauce.

Aunque las alternativas de embalse no hayan resultado rentables, todos los estudios básicos desarrollados, tales como la geología, geotecnia, hidrología y la restitución aerofotogramétrica, pueden ser de utilidad para estudios futuros que se realicen en esta zona. Las obras de defensas fluviales contempladas en el proyecto como Escenario Nº 2-B, situación mejorada, no requieren ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

Debido a la posibilidad de incorporar obras de regulación en la cuenca del Río Salado, la CNR solicitó realizar un estudio básico para determinar los usos complementarios al control de crecidas, tales como potencial de riego, hidrogeneración, áreas verdes u otros. Dicha solicitud fue aprobada por la DOH, y consta en la CNR N° 4369 Exenta del 29 de diciembre de 2011, a raíz de lo cual, surgió el ***"Estudio de Perfil Alternativa Embalse para Riego Sector Turi, Provincia del Loa Región de Antofagasta",*** elaborado a partir del estudio de prefactibilidad.

### 2.2.3. Diagnóstico Plan Estratégico Para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta, DGA - Arrau Ingeniería EIRL, 2012

El objetivo central de este estudio fue elaborar el diagnóstico del Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos para la Región de Antofagasta. Este se desglosa en un grupo de objetivos específicos tendientes, en lo fundamental, a conocer la realidad del recurso hídrico en una región caracterizada por una baja disponibilidad de agua y desajustes notorios entre oferta y demanda del recurso. De igual modo, estos objetivos específicos deben permitir la identificación de los factores que limitan desde la perspectiva del recurso hídrico el desarrollo productivo regional; así como los factores relevantes que afectan el patrimonio ambiental o social regional. Estos objetivos específicos para el desarrollo del estudio son:

- Hacer un diagnóstico respecto del conocimiento del recurso hídrico, del uso del agua y del estado de las fuentes, a través de una revisión, actualización y sistematización de la información existente.

- Elaborar un diagnóstico de los aspectos de cantidad y calidad del recurso hídrico, incluyendo diagnóstico de la infraestructura y servicios relacionados; como también en materia ambiental y funcional respecto del desempeño institucional (público y privado) en materia de gestión en escenarios medios y en condiciones extremas (sequías o inundaciones).

- Identificar los factores más relevantes que limitan, desde la perspectiva del recurso hídrico, el desarrollo productivo regional.

- Identificar los factores más relevantes que afectan el patrimonio ambiental o social dentro del territorio regional.

- Identificar las capacidades y brechas institucionales, públicas y privadas, relacionadas con la gestión y manejo del recurso hídrico

- Identificar y levantar las necesidades existentes relacionadas con el recurso hídrico.

- Identificar las acciones, proyectos y programas en ejecución, aprobados para implementar y considerados para el corto y mediano plazo, de entidades públicas y privadas.

Para dar cumplimiento a los anteriores objetivos se desarrolló una extensa recopilación de antecedentes y estadísticas que forman parte de los diagnósticos realizados y que constituyen también, referencia para el presente estudio.

Este trabajo desarrollado por encargo de la DGA se enmarcó en la idea que, como otros sistemas conformados por un componente físico natural que admite múltiples interacciones antrópicas, los problemas y conflictos vinculados al uso social del recurso hídrico, en particular en una región con una notoria estrechez de disponibilidad de agua, pueden llegar a ser de gran complejidad.

En este estudio se realizaron los diagnósticos y la determinación de problemáticas establecidas en los objetivos del estudio, arrojando como conclusión general que es totalmente necesario y urgente el desarrollo de un Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos de la Región, para lo cual se requería abordar aspectos sumamente relevantes y que serían determinantes para la generación de confianzas y el éxito de la iniciativa, debiendo incorporar, desde sus inicios, a todos los actores relevantes de la región, tanto sector público, privado como comunidades locales, esto, a través de procesos de participación efectivos. En particular, en el caso de las comunidades indígenas, se recomienda su incorporación en el proceso de planteamiento de los términos de referencia, para que se construyan en conjunto.

2.2.4. Catastro de Obras de Riego y Elaboración del Plan de Inversiones al año 2018 Zona Norte. Regiones de Arica y Parinacota a Metropolitana. Informe final. Catastro de Obras de Riego y Rehabilitación de Obras Menores de Riego. PROMM.- Santiago: PROCIVIL, 2009

El desarrollo del estudio se orientó a la elaboración de un plan de inversiones de la CNR para 10 años, con los siguientes objetivos específicos:

- Catastro de nuevas iniciativas de proyectos.

- Definición de las temáticas de mayor interés para los estudios básicos que requiere el avance de las nuevas iniciativas.

- Recomendación sobre criterios de priorización de las iniciativas.

- Establecimiento del flujo anual de recursos financieros para obras, estudios y programas complementarios.

- Implementación de un sistema informático para el control de avance de las iniciativas.

En la Región de Antofagasta, se propusieron dos iniciativas:

- Río Loa en Comuna de María Elena: Proyecto de embalse Quillagua. El cual aportaría 360 ha de nuevo riego equivalente, con 123 beneficiarios.

  Objetivo y descripción: En el río Loa, a unos 200 km aguas abajo de Calama por el río, la Comisión Regional de Riego propone emplazar un embalse estacional de hasta 4 $hm^3$, para incrementar la seguridad de riego y la superficie servida, para beneficio de etnias y agricultores pequeños, posibilitando además el arraigamiento de población rural. Esta nueva obra reemplazará la función que cumplieron los embalses embancados Sloman y Santa Fe. El embalse regulará los caudales de crecidas del invierno altiplánico y en menor medida el acuífero, mediante un muro superficial y una pantalla subterránea.

- Río Salado en Comuna de Calama: Proyecto de embalse Ayquina. El que aportaría 414 ha de nuevo riego seguro y 201 ha de Mejoramiento Multiuso, Calidad de Aguas y BT Segura, con un total de 277 beneficiarios.

  Objetivo y descripción: En la cabecera del río Salado, la Comisión Regional de Riego propone un embalse de regulación estacional y en alguna medida subterránea, con un volumen de hasta 4 Hm3 de capacidad. El objetivo es mejorar la seguridad de riego actual en los sectores agrícolas de Ayquina, Chiu-Chiu y Calama, que dispone de un escaso volumen actual de regulación; el proyecto tiene un elevado interés social y étnico. Además del uso agrícola, el embalse permitirá controlar las frecuentes crecidas del río que actualmente dañan suelos agrícolas, caminos e infraestructura de la zona rural.

Respecto a la estrategia con que se debe abordar el desarrollo de la Región de Antofagasta, se menciona que, si bien la agricultura no es una actividad de relevancia económica, dada la escasez y mala calidad del agua y a la salinidad de los suelos, se debe

considerar la importancia que tiene desde el punto de vista cultural y como sistema de subsistencia, siendo el pilar de los pueblos de la Región. De esta forma, los mejoramientos en riego están enfocados a elevar el autoabastecimiento hortofrutícola regional.

Debido a las amenazas de despoblamiento de la Región, se debe hacer hincapié en generar programas y estudios que contribuyan en mejorar la calidad de vida de las personas, fortaleciendo la sustentabilidad del desarrollo económico, ambiental y en la búsqueda de equidad social que necesitan los asentamientos rurales e indígenas, mediante la modernización de su infraestructura de riego, para el autoconsumo hortícola regional.

### 2.2.5. Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cursos de Agua Según Objetivos de Calidad, Cuenca del Río Loa. Cade-Idepe, 2004

Dentro de la revisión realizada en este estudio, destacan el análisis de geología y volcanismo, hidrogeología, geomorfología y análisis de calidad de agua, entre otros.

### 2.2.6. Diagnóstico del Riego y Drenaje en la II Región, CNR - AC INGENIEROS CONSULTORES LTDA., 2003

Este estudio integra, junto a otros doce, el estudio global "Diagnóstico Actual del Riego y Drenaje en Chile y Su Proyección" encargado por la CNR el 2003.

Para la II Región tuvo como objetivo a la fecha del estudio, contribuir al mejoramiento del riego y drenaje, y por su intermedio, al impacto que éstos tienen sobre el desarrollo agrícola, económico y social del país. Esto a través de la generación de una plataforma de información sobre los recursos relacionados con el riego.

Los objetivos específicos fueron:

- Elaborar un diagnóstico actualizado del área regada y regable en el país y de los recursos humanos, económicos, legales, tecnológicos e institucionales necesarios para un adecuado desarrollo del riego y solución a los problemas de drenaje.

- Ordenar y sistematizar los antecedentes descriptivos y cuantitativos de los recursos identificados, a nivel regional, provincial y comunal, en un Sistema de Información Geográfica que permita un adecuado manejo computacional de la información.

- Analizar los problemas y causas que afectan u obstaculizan el desarrollo del riego y la solución al mal drenaje, debidamente cuantificados y localizados.

- Analizar los problemas ambientales actuales que afectan al subsector agrícola, como por ejemplo, la contaminación de cauces naturales, acuíferos, canales y obras de conducción y distribución de aguas, orientando el establecimiento de programas de prevención en el corto, mediano y largo plazo.

- Plantear lineamientos generales para definir una propuesta de desarrollo del riego y de solución al mal drenaje, sectorizada a nivel de regiones, y considerando el concepto de cuencas hidrográficas.

El estudio fundamentalmente procesó para la zona, la información proporcionada por el Censo de INE 1997, elaborando un diagnóstico respecto de:

- Superficie Actual de Riego en la Región

- Superficies Actualmente Regadas con Seguridad 85%

- Superficies Potencialmente Regables con Seguridad 85%

- Problemas que Afectan la Actividad Agropecuaria Regional

- Estrategias de Acción Indicativas

- Posibilidades de Desarrollo del Riego y Nuevas Obras

- Lineamientos para una Estrategia de Desarrollo del Sector Agropecuario

2.2.7. Ministerio de Obras Públicas Dirección General de Aguas Departamento de Estudios y Racionalización, Estudio de Racionalización del Área de Riego del Rio Loa II Región de Chile, Hans Niemeyer Fernández, 1979

En el presente informe se estudiaron los aspectos básicos de la racionalización de los oasis de ***Lasana, Chiu Chiu y Calama***, por mandato de la Dirección General de Aguas.

La Dirección de Riego puso término en 1975 a la construcción del Embalse Conchi, con capacidad útil de almacenamiento de 22 $hm^3$. Dicho embalse está destinado a conservar los escurrimientos del invierno, época que no son utilizados por la agricultura, y a acumular las aguas de crecidas del río Loa, cuando se producen las lluvias altiplánicas de verano.

Con el propósito de utilizar en forma óptima los recursos hídricos del Loa, cada vez más escasos, la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas inició un estudio de racionalización del uso del agua en la agricultura.

De acuerdo a lo indicado en dicho estudio, dentro de los próximos 25 años (a partir de 1979), todos los recursos renovables hídricos de la cuenca del río Loa estarían agotados, en tanto que las necesidades irán en crecimiento, lo que exigiría el desarrollo de nuevas fuentes, que en aquel tiempo eran aprovechadas en forma parcial. Este desarrollo tendrá un alto costo.

Dado lo anterior, se determinó que la primera medida fuera la racionalización del uso agrícola, permitiendo liberar recursos a bajo costo y a corto plazo en relación con soluciones alternativas.

## 2.3. Antecedentes de Caracterización Agroproductiva

### 2.3.1. Introducción

En el contexto del presente estudio, la mayor parte de la caracterización productiva del área de estudio se realizó en base a información primaria, a traves de entrevistas agroproductivas realizadas por profesionales en terreno, enfocada a diversos actores locales del ámbito agroproductivo; desde dirigentes de organizaciones de regantes y de comunidades indígenas, hasta representantes y funcionarios de instituciones estatales y privadas ligadas al desarrollo agropecuario, quienes aportaron antecedentes de caracterización actuales y vigentes. Como complemento a la información primaria se ha efectuado una recopilación de aquellos antecedentes agrícolas secundarios disponibles que tienen relación con los diferentes aspectos a tratar, tales como la existencia y potencialidad de los recursos del área del proyecto, características de la actividad agropecuaria actual y perspectivas de desarrollo a futuro, entre otras.

A continuación se presentan las principales fuentes de antecedentes secundarios generales y estudios específicos recopilados que han proporcionado información, para dar fundamento, estructura y contenido a la caracterización agroproductiva del presente estudio. Asociada a cada fuente y a cada estudio, se presenta una descripción del tipo de información que aporta cada uno a la caracterización.

### 2.3.2. Antecedentes Generales

Se consideran los siguientes antecedentes:

- Censo Agrícola y Ganadero INE, 2007: Para hacer una caracterización agropecuaria general del área de estudio en base a estadísticas de uso de suelo por cultivos y existencias ganaderas

- Mapa Agroclimático de Chile. INIA, 1989: Aporta información climática descriptiva usada para caracterizar agroclimáticamente el área de estudio

- Atlas Bioclimático de Chile. Universidad de Chile, 2012: Aporta información climática descriptiva usada para caracterizar agroclimáticamente el área de estudio

- Factores de Cultivo para Necesidades de Agua en FAO Nº 24 y Nº 56: Aporta información básica para el cálculo de demandas de agua de los cultivos en el cálculo de tasas de riego

- Precipitación Efectiva en la Agricultura de Riego en FAO Nº 25: Aporta información básica para el cálculo de demandas de agua de los cultivos en el cálculo de tasas de riego

- Calidad de Agua para la Agricultura en FAO Nº 29: Aporta información respecto de la reacción de los cultivos a la sal presente en el agua de riego

La información secundaria también proviene de instituciones públicas tales como: Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), Fundación para la Innovación Agropecuaria (FIA), Fundación Chile, Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA), Comisión Nacional de Riego (CNR), Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), Servicio de Impuestos Internos (SII).

Finalmente, en lo relacionado con el manejo agronómico del suelo, aguas y los cultivos se revisó la bibliografía disponible, entre los que destacan por su frecuente uso para el norte de Chile los siguientes estudios y publicaciones:


- Arenas, J. 2013. Observatorio del clima durante el año 2012 en la Estación Experimental Canchones, pampa del Tamarugal, comuna de Pozo Almonte, provincial del Tamarugal, región de Tarapacá. Universidad Arturo Prat y Gobierno Regional de Tarapacá (Proyecto FIC).

- Asraf, M.; Oztur, M. and Ahmad, M.S.A..2010. Plant adaptation of phytoremediation. Springer Science.

- Guo-Xim Sun; Williams, P. and Yong-Huan Zhu. 2009. Mechanics of arsenic uptake and metabolism by plants: Focusing on Rice. Japan Meeting Manuscript.

- Guzmán, M. y Olave, J. 2006. Both electrical conductivity and sodium absorption ratio of fertigation solution affect yield and quality of soilless melon crops. Acta Hort. (ISHS)718:485-490.

- Guzmán, M. y Olave, J. 2006. Response of growth and biomass production of primed melon seed (Cucumis mel L. cv. Primal) to germination salinity level

and N-forms in nursery. Journal of Food Agriculture & Environment, Vol.4(1):163-165

- Marañes, A.; Sánchez, J.; de Haro, S.; Sánchez, S. y del Moral, F. 1998. Análisis de Suelos. Metodología e Interpretación. Servicio de Publicaciones Universidad de Almería, España.184 p.

2.3.3. Diagnóstico y Propuesta de Fomento a la Agricultura Regada en la II Región, CNR y Gobierno Regional II Región-GEOFUN PROCIVIL, 2000

Este estudio realizó un análisis respecto al grado de interrelación e integración - por territorio local/comunal - entre los proyectos, actividades y servicios prestados por las distintas entidades de desarrollo (presentes en la Región) y el grado en que las distintas medidas se refuerzan mutuamente en una dirección consistente a la fecha del estudio. Todo ello, para elaborar las bases de un Plan Regional Priorizado de Gestión Intersectorial y, considerando las fortalezas y debilidades de la Unidad de Gestión de la SEREMI de Agricultura y la de los municipios rurales de la Región, identificar el Objetivo de Desarrollo Agrícola, la Estrategia y los Programas de Desarrollo de la Región de Antofagasta.

El estudio incluye una revisión de la situación de la actividad agrícola de la II Región, con el propósito de analizar y definir proyectos a nivel de factibilidad en esta zona del país. Para el desarrollo de lo anterior se ha tomado en cuenta la necesidad de modernizar la actividad agrícola de la Región, tomando especialmente en cuenta, la sustentabilidad de esa actividad en una zona de extrema aridez en la que se debe tener presente el correcto manejo y operación de los recursos básicos de tal modo de garantizar su permanencia en el tiempo.

Esto dentro del marco global de referencia establecido por el Gobierno Regional de la Región de Antofagasta, por medio de la Secretaría Ministerial (SEREMI) de Agricultura, mediante el diseño de una estrategia de desarrollo a corto o mediano plazo, denominada "Estrategia Regional de Desarrollo Agroproductivo - Segunda Región" que sumariza su oferta de acción en las siguientes propuestas:

- Mejorar la capacidad de acceso al mercado agropecuario de los pequeños productores, considerando sistemas asociativos con rubros de mayor rentabilidad e incorporando valor agregado.

- Mejorar la productividad y producción de los cultivos actuales y potenciales más rentables de los sectores agrícolas de la II Región, de acuerdo a las exigencias del mercado y criterios de sustentabilidad.

- Abastecer con insumos, maquinaria y servicios silvoagropecuarios prioritarios, eficientes y accesibles para todos los productores de la II Región.

- Mejorar, por parte de los productores, el manejo alimenticio reproductivo y sanitario del animal en las líneas ganaderas seleccionadas, conforme a exigencias de mercado, utilizando un manejo sostenible de las praderas.

- Mejorar la captación, almacenamiento, conducción y distribución y uso del agua de riego.

- Proteger las áreas naturales con presencia de nacientes de agua, las formaciones vegetales de interés, tales como tamarugales, vegas, bofedales y las áreas agrícolas y pecuarias.

En este contexto, los objetivos específicos de este estudio fueron diagnosticar la situación agrícola actual y proponer proyectos de desarrollo a nivel de factibilidad de algunas áreas de la II Región, las cuales se describen en el Cuadro 2.3.3-1.

**CUADRO 2.3.3-1**
**PROPUESTAS DE DESARROLLO A NIVEL DE FACTIBILIDAD**

| CIUDAD | ESTUDIO |
|---|---|
| Antofagasta | En esta zona se estudió la factibilidad de regar un sector ubicado al norte de la ciudad con las aguas servidas tratadas en la planta de tratamiento de ESSAN, operada por la empresa Biwater, como concesionaria. Estos terrenos eran fiscales y serían traspasados a los futuros agricultores mediante la modalidad de concesión onerosa. |
| Calama | Para la ciudad de Calama se estudió la posibilidad de desarrollar un proyecto de riego que utilice los recursos provenientes de la futura planta de tratamiento que será construida por ESSAN mediante una concesión. |
| San Pedro de Atacama | En este sector de la Región se realizó un diagnóstico y propuesta para el ordenamiento de los sistemas de riego prediales, con el objetivo de proponer las soluciones tendientes a adecuar la actividad agrícola a los requerimientos de una agricultura moderna pero que tome en cuenta las características étnicas de los habitantes de San Pedro de Atacama. |
| Baquedano | La localidad de Sierra Gorda, en la Comuna de Baquedano cuenta con una pequeña planta de tratamiento de sus aguas servidas. En este caso, se entrega toda aquella información que pueda ser relevante para el éxito de la construcción y mantención del área verde que se riega con las aguas tratadas que tiene un caudal de 1 L/s.<br>En todos estos casos, se ha propuesto y analizado programas de desarrollo compatibles con las características y disponibilidad de los recursos hídricos existentes, para lo cual se hicieron los estudios de todos los recursos básicos correspondientes.<br>En estos programas de desarrollo se han incluido proyectos de obras y propuestas de acciones específicas destinadas al fortalecimiento de la actividad agrícola de la II Región, al apoyo a las organizaciones de regantes, actuales como futuros. |

Fuente: Elaboración propia a partir de CNR-GORE (2000).

El estudio contiene una amplia gama de antecedentes generales útiles como referencia y punto de comparación respecto de la situación actual del contexto general regional del presente estudio. Al mismo tiempo, contiene el llamado “Subproyecto Desarrollo Agrícola en Calama”, el que contiene cálculos de demanda hídrica para ese año y, por ende, de superficie

factible de regar según los caudales registrados, de manera de contrastar la información con los datos actuales.

2.3.4. Agricultura en el desierto de la II Región de Chile. Proyecto agrícola San Pedro de Atacama. Calama. Universidad Arturo Prat. Ilustre Municipalidad de San Pedro de Atacama. Jornada de Difusión Agrícola, 2000

El proyecto agrícola tuvo como objetivo el describir y estudiar, desde el punto de vista agrícola, el sector de San Pedro de Atacama, con la finalidad de potenciar su capacidad productiva a la fecha de estudio, considerando que en la antigüedad, el pueblo atacameño subsistió del cultivo de alfalfa, trigo y quínoa.

Las problemáticas de la zona de San Pedro respecto a la agricultura en el período de ejecución del proyecto, se asemejan a las de la zona de interés del presente estudio, principalmente por la escasez de agua y salinidad excesiva, junto con la baja calidad de los suelos, donde también existían problemas de salinidad, redundando en bajas producciones de los cultivos, asociado también, a la presencia de plagas clave, de difícil manejo y el bajo conocimiento por parte de los agricultores al respecto. En cuanto a la producción frutícola, también se encontraba restringida, a excepción de la zona de Toconao, donde había mayor superficie plantada. En lo referido a la ganadería, los ovinos eran el principal rubro, sin embargo, no existían manejos reproductivos ni sanitarios y permanecía la escasez de alimento en invierno. La comercialización de los productos se restringía a unos pocos alimentos en el mercado de San Pedro y, ocasionalmente, en Calama. En aquel tiempo no había organizaciones de agricultores que permitiera una mejor comercialización de los productos ni tampoco programas de transferencia tecnológica permanentes que permitieran mantener a los agricultores al tanto de los manejos oportunos de sus cultivos.

En el estudio se detalla el cultivo de alfalfa en la zona; las perspectivas de la fruticultura; plagas agrícolas; el riego bajo condiciones desérticas; manejo de suelos salinos; el campesinado en el proyecto agrícola y la evaluación de 8 genotipos de quínoa en los suelos salinos de San Pedro de Atacama.

Dentro de todo lo revisado y analizado en el proyecto, destaca la instalación de ensayos que permitieron conocer el potencial agrícola respecto al cultivo de alfalfa, en los cuales se alcanzó mayor número de cortes que el promedio de la zona, con 50% más de rendimiento, todo en base a manejos culturales, ya que se regó con agua de la misma calidad que los demás agricultores, la cual es altamente salina, con elevado contenido de boro y sodio y en un suelo con pH cercano a 9, igualmente, con alto contenido en sodio.

Dentro de las conclusiones generales, en el estudio se indica que mientras no mejore la frecuencia de riego (disponibilidad de agua) la incorporación de nuevos cultivos en San Pedro de Atacama dependerá de que estos sean regados con métodos presurizados, para

manejar, en parte, las condiciones limitantes del suelo y agua. Se considera, además, el lavado y enmiendas del suelo, para lixiviar sales y mejorar su calidad.

Finalmente, respecto a las variedades de quínoa resistentes a las condiciones de agua y suelo, existen algunas con buenos rendimientos, las cuales deberían integrarse dentro de un plan de mejoramiento para zonas áridas y semiáridas. Se determinó que la época de siembra propicia de quínoa en San Pedro de Atacama debe ser antes de la primera quincena de septiembre.

### 2.3.5. Consultoría DEP-015 "Diagnóstico Obras de Riego Pueblos Hoya Río Salado, II Región"; Dirección de Riego, 1995

El objetivo principal, de carácter general del estudio, consistió en introducirse en la problemática planteada, con una perspectiva de soluciones concretas, y fijar las pautas que permitan orientar los planes de desarrollo para las comunidades, tanto en lo que respecta a la infraestructura, como de los programas de asistencia técnica.

En términos más específicos, el estudio tuvo como principal objetivo efectuar una proposición de obras de mejoramiento para los sistemas de riego existentes en seis localidades de la II Región. Dicho mejoramiento se concibe abordarlo atendiendo a las características de las localidades, los recursos hídricos disponibles, la infraestructura de riego existente y la actividad agrícola. Sobre esa base, se estructuró una situación agrícola mejorada, la que incluye una proposición de cultivos, una optimización de uso del agua y el correspondiente plan de obras de mejoramiento.

Las localidades consideradas en el estudio pertenecen a la Provincia del Loa y corresponden a: Ayquina, Turi, Caspana, Cupo, Paniri y Toconce.

Como conclusiones de su evaluación económica; de las obras de mejoramiento propuestas para cada localidad, se desprende con claridad que no hay una justificación económica para llevar adelante los proyectos de desarrollo propuestos, a excepción del caso de Caspana, a la fecha de la realización de este estudio.

Se indica entonces que el interés del Estado no debería estar radicado en los beneficios económicos directos que un proyecto de esta naturaleza pueda producir. Más allá de los beneficios económicos, que en uno de los casos son muy bajos y en el resto de los casos no existen, hay algunos beneficios sociales, que se toman en cuenta en la evaluación a través de los precios sociales de algunos insumos, como en este caso, la mano de obra no calificada. Plantea sería atractivo generar empleo local a las personas, intentando evitar la emigración.

Sin embargo, según se desprende la evaluación social del estudio, tampoco este beneficio social alcanza a justificar el proyecto, en 5 de los 6 casos. La justificación que podría tener un proyecto no rentable de esta naturaleza, a nivel de interés del país, radica en conceptos que no se han incluido en la evaluación, porque no son sistemáticamente cuantificables, y por lo tanto constituyen una externalidad. Estos conceptos son: la conveniencia o la necesidad de mantener poblada una determinada zona del país (aspecto geopolítico), y la conveniencia de no permitir la muerte de una cultura enriquecedora del patrimonio nacional.

En terrenos estratégicos, el beneficio intangible de mantener una población puede llegar a ser muy alto, y por lo tanto, justificar una elevada inversión económicamente no rentable. Igualmente, evitar el exterminio de culturas únicas en el mundo puede tener un valor que supere cualquier costo en que se incurra para su mantención.

En lo medular este estudio aporta importante información referencial de suelos, ya que realiza un completo análisis descriptivo basado en información de Fundación Chile 1993, generando una caracterización asociada a mapas de distribución.

#### 2.3.6. Diagnóstico del Uso y Evaluación de Recursos Suelo, Clima y Agua en Comunidades Étnicas de la Provincia del Loa. Fundación Chile. 1993

La División Chuquicamata de la Corporación Nacional del Cobre de Chile, encomendó a Fundación Chile la realización del ***estudio de Diagnóstico y Evaluación de los Recursos Suelo, Clima y Agua en el Área Agrícola de Calama y en las Comunidades Étnicas de Chiu-Chiu, Lasaña, Cupo, Turi, Ayquina, Toconce y Caspana de la Provincia del Loa***, con el objeto de evaluar los recursos naturales desde el punto de vista agropecuario y hacer un diagnóstico de su uso actual, con miras a formular proposiciones tecnológicas para el mejoramiento de los sistemas productivos agropecuarios, orientados a elevar la productividad y calidad y a lograr un uso más eficiente del agua.

## 2.4. Antecedentes de Derechos de Aprovechamiento de Aguas (DAA)

### 2.4.1. Antecedentes Generales

Los Derechos de Aguas en Chile se rigen conforme al Código de Aguas. El artículo 5º de dicho Código indica que “Las aguas son bienes nacionales de uso público y se otorga a los particulares el derecho de aprovechamiento de ellas, […]”; y el artículo 6º del mismo Código señala que: “El derecho de aprovechamiento es un derecho real que recae sobre las aguas y consiste en el uso y goce de ellas, […] el derecho de aprovechamiento sobre las aguas es de dominio de su titular, quien podrá usar, gozar y disponer de él en conformidad a la ley […]”.

Además, de acuerdo a lo establecido en el Código de Aguas entre los artículos 12 al 19, los derechos de aprovechamiento se enmarcan en el siguiente contexto legal:

- Consuntivo: Es aquel que faculta a su titular para consumir totalmente las aguas en cualquier actividad.

- No Consuntivo: Es aquel que permite emplear el agua sin consumirla y obliga a restituirla en la forma que lo determine el acto de adquisición o de constitución del derecho.

Los derechos de aprovechamiento indicados pueden ser de ejercicio:

- Permanente: Es aquel que faculta para usar el agua en la dotación que corresponda, salvo que la fuente de abastecimiento no contenga la cantidad suficiente para satisfacerla en su integridad, en cuyo caso el caudal se repartirá en partes alícuotas.

- Eventual: Sólo facultan para usar el agua en las épocas en que el caudal matriz tenga un sobrante después de abastecidos los derechos de ejercicio permanente.

- Continuo: Son derechos de ejercicio continuo los que permiten usar el agua en forma ininterrumpida durante las veinticuatro horas del día.

- Discontinuo: Sólo permiten usar el agua durante determinados períodos.

- Alternados: Son derechos de ejercicio alternado aquellos en que el uso del agua se distribuye entre dos o más personas que se turnan sucesivamente.

### 2.4.2. Situación Actual de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas

Se solicitó a la Dirección General de Aguas (DGA), mediante Ley de Transparencia, un listado de los derechos de aprovechamiento de aguas superficiales y subterráneos, permanentes y eventuales, continuos, discontinuos y alternados, constituidos, denegados y en trámite en la comuna de Calama, con énfasis en ríos Loa y Salado. Se obtuvo la información referida a la Región de Antofagasta, la cual se ha cotejado con la información contenida en el "Plan de Gestión del Riego Región de Antofagasta" (Amphos 21, 2017) ya que ambas corresponden a información reciente.

Además de lo anterior, se ha consultado la información recopilada en Estudio Básico "Diagnóstico Situación Legal de Derechos de Agua Cuenca del Loa", realizado por Yanasa Masi S.A. año 2014, el cual contiene un registro actualizado de comuneros y usuarios de las aguas de la cuenca del Río Loa. Con este estudio se pudo constatar que existen errores en las inscripciones de algunos de los derechos de aprovechamiento de aguas, debido a distintos factores, entre los que destacan falta de información del propietario, errores en las anotaciones marginales de las escrituras antiguas, errores en el volumen de caudales y dispersión de los derechos debido a que muchas veces un propietario del derecho lo trasfiere a muchos

individuos. Una vez identificados los errores más frecuentes se procedió a realizar un trabajo de saneamiento, sin embargo, la participación de los comuneros no fue total y aún existen derechos que no se encuentran saneados como corresponde de acuerdo a la actual legislación chilena.

Del total de los derechos de aprovechamiento de agua concedidos en la Provincia del Loa, Comuna de Calama, se ha seleccionado aquellos que se encuentran asociados a las localidades en estudio, vale decir, Toconce, Caspana, Ayquina, Lasana, Chiu Chiu y Calama, incluyendo tanto aquellos que se encuentran en los ríos Salado y Loa como en sus afluentes.

Para los sectores aludidos en el párrafo anterior, se tiene que la totalidad de los derechos concedidos son de tipo consuntivo de ejercicio permanente y continuo.

La cantidad de derechos de aprovechamiento de agua y caudales promedios anuales concedidos de acuerdo a su naturaleza y uso, se incluyen en el Cuadro 2.4.2-1 y Cuadro 2.4.2-2, respectivamente. La distribución espacial de los derechos de aprovechamiento de agua se visualiza en la Figura 2.4.2-1.

**CUADRO 2.4.2-1**
**DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA CONCEDIDOS DE ACUERDO A SU NATURALEZA Y USO**

| | NATURALEZA DEL AGUA | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Uso Del Agua** | **Subterránea** | **Superficial** | **Superficial y Corriente** | **Total** |
| Bebida/Uso Domestico/Saneamiento | | | 3 | **3** |
| Otros Usos | 1 | | 21 | **22** |
| Riego | | | 6 | **6** |
| Uso Minero | 6 | | 1 | **7** |
| Sin Información | 2 | 3 | 1 | **6** |
| **Total** | **9** | **3** | **32** | **44** |

Fuente: Elaboración propia a partir de información DGA.

De los Cuadros 2.4.2-1 y 2.4.2-2 se obtiene que dentro del sector de estudio, el 13,6 % del total de los derechos concedidos representan el 33% del agua se utiliza para riego.

Desde 2014 a la fecha, se han presentado en el sector de estudio seis solicitudes de aprovechamiento de aguas superficiales consuntivo de ejercicio permanente y continuo. Dos de las peticiones se solicitaron con fecha 30.08.2016 y han sido aceptadas a favor de la Comunidad Indígena Atacameña de Caspana, por un total de 7 L/s cada uno, sin indicar la finalidad de uso. Tres solicitudes fueron denegadas entre los años 2014 y 2015, y una de las peticiones realizada con fecha 15.03.2016, se encuentra actualmente “pendiente en la región” y corresponde a la solicitud realizada por la compañía minera Xstrata Lomas Bajas s/n, por un caudal de 761.683 $m^3$/año, no obstante, no indica uso.

**CUADRO 2.4.2-2**
**CAUDALES CONCEDIDOS DE ACUERDO A SU NATURALEZA Y USO (L/s)**

| | NATURALEZA DEL AGUA | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Uso Del Agua** | **Subterránea** | **Superficial** | **Superficial y Corriente** | **Total** |
| Bebida/Uso Domestico/Saneamiento | | | 43,03 | **43,03** |
| Otros Usos | 2 | | 94,85 | **96,85** |
| Riego | | | 209 | **209** |
| Uso Minero | 194 | | 10,47 | **204,47** |
| Sin Información | 70 | 2,79 | 1,65 | **74,44** |
| **Total** | **266** | **2,79** | **359** | **627,79** |

Fuente: Elaboración propia a partir de información DGA.

La información obtenida de la DGA como la obtenida de las coberturas Shape del Plan de Gestión del Riego Región de Antofagasta, se incluyen en el Anexo 2-1.

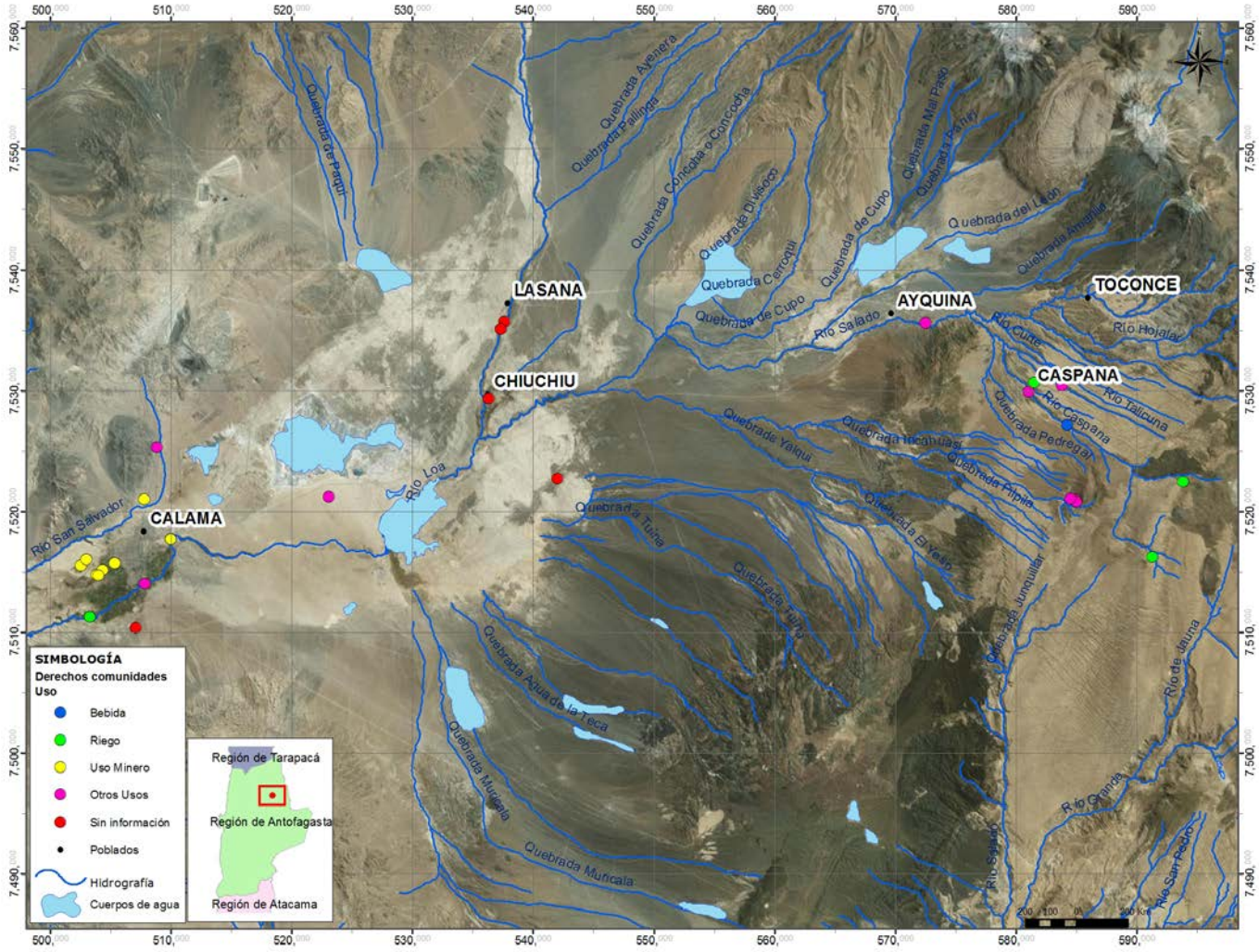



**FIGURA 2.4.2-1**
**DERECHOS CONCEDIDOS EN SECTOR DE ESTUDIO**

Fuente: Elaboración propia a partir de shape Amphos 21 e información DGA

# CAPÍTULO 3

# CARACTERIZACIÓN SOCIAL DEL ÁREA DE ESTUDIO Y COORDINACIÓN CON COMUNIDADES

# 3. CARACTERIZACIÓN SOCIAL DEL ÁREA DE ESTUDIO Y COORDINACIÓN CON COMUNIDADES

## 3.1. Introducción

El presente capitulo contiene los resultados finales del trabajo de Participación Ciudadana desarrollado al alero del estudio. El mismo se estructura en función de tres ejes fundamentales. En primer lugar, se expone una breve caracterización socio territorial del área de estudio en lo que respecta a las principales dinámicas sociales, económicas y culturales. El análisis efectuado se presenta a nivel macro e incluye ciertas referencias a la realidad agrícola existente, situación inevitable dado el enfoque del presente proyecto. En esta presentación inicial también se presta atención al contexto cultural del territorio, considerando la relevancia que cuantitativa y cualitativamente poseen las distintas comunidades indígenas que históricamente habitan en el mismo.

En segundo lugar, se exponen los principales trabajos desarrollados como parte del proceso de participación ciudadana, dando cuenta de las distintas actividades de coordinación destinadas para otorgar viabilidad social al estudio. El trabajo de vinculación con actores relevantes tuvo como principales hitos la realización de entrevistas y de reuniones a través de las cuales se buscó socializar el estudio, levantar información primaria de interés, facilitar los trabajos en terreno e incorporar en el proyecto, en la medida de lo posible, las expectativas e intereses de las distintas comunidades. Asimismo, este tipo de relacionamiento comunitario constituyó un insumo relevante a la hora de imaginar potenciales desafíos y oportunidades futuras vinculadas al desarrollo agrícola de la zona. Lo anterior se presenta de manera separada para el oasis de Calama y el Área de Desarrollo Indígena (ADI) Alto el Loa.

En tercer lugar, y en tanto constructo nutrido a partir de los puntos anteriores, se presenta un acápite que incluye las principales conclusiones del proceso participativo y algunas recomendaciones que pudieran ser de utilidad en caso que los proyectos recomendados por el estudio avanzaran en su materialización.

## 3.2. Caracterización Socio Territorial

### 3.2.1. Aspectos Generales

El área de estudio ya fue descrita en el capítulo 1 en lo que respecta a sus características hidrológicas, por lo que cabe aquí exponer algunas de sus definiciones en un sentido socio territorial, el que incluirá elementos administrativos, demográficos, culturales y socioeconómicos.

3.2.2. Descripción General del Área

El área de estudio se encuentra inserta en la comuna de Calama, región de Antofagasta. La Comuna limita al norte con la Región de Tarapacá, específicamente con la Comuna de Pica. Al Noreste limita con la Comuna de Ollagüe, al Oeste con la Comuna de María Elena, al Sureste con Sierra Gorda, al Este con Bolivia y al Sureste con la Comuna de San Pedro de Atacama. Su actual alcalde es don Daniel Agusto, electo en diciembre de 2016.

La Figura 3.2.2-1 presenta el emplazamiento de la Comuna considerando el contexto Político-Administrativo recién descrito.

**FIGURA 3.2.2-1**
**CONTEXTO POLÍTICO—ADMINISTRATIVO**
**COMUNA DE CALAMA**
Fuente: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2000.

Administrativamente, una parte de la comuna forma parte del ADI Alto El Loa[1], que comprende un espacio territorial que alberga a 8 comunidades atacameñas y 2 quechuas, distribuidas en la cuenca del río Loa y el altiplano altoandino de la Región de Antofagasta, situación sobre la que se volverá más adelante.

### 3.2.3. Antecedentes Demográficos

De acuerdo a las proyecciones de Población del INE para el año 2015, la Comuna de Calama posee más de 175.000 habitantes y, para el período 2002-2015, tuvo un crecimiento demográfico del 27%, muy superior a la media nacional. Éste puede ser atribuible, como se verá más adelante, a la migración de población atraída por el dinamismo económico minero del territorio. Aquella situación queda graficada en el Cuadro 3.2.3-1.

**CUADRO 3.2.3-1**
**POBLACIÓN TOTAL AÑO 2002 Y PROYECCIÓN DE POBLACIÓN AÑO 2015**
**COMUNA DE CALAMA**

| Territorio | Año 2002 | Año 2015 | Variación (%) |
|---|---|---|---|
| **Comuna de Calama** | 138.402 | 176.459 | 27 |
| **Región de Antofagasta** | 493.984 | 622.640 | 26 |
| **País** | 15.116.435 | 18.006.407 | 19 |

Fuente: Elaboración propia en base a Censo de Población y Vivienda 2002 y Proyección de Población 2015, INE.

El índice de masculinidad de la comuna, esto es, el número de hombres por cada 100 mujeres, es muy superior a los que presenta el país (Ver Cuadro 3.2.3-2). Una vez más la interpretación de este fenómeno tiene fundamentos eminentemente económicos, pues Calama se ha configurado históricamente como una ciudad con una fuerte migración laboral (tanto nacional como extranjera), y el grueso de la fuerza de trabajo en los rubros económicos existentes es tradicionalmente masculina. Asimismo, existe en Calama una gran cantidad de población flotante, que también es predominantemente masculina.

En cuanto a la distribución etaria de la población, tal como se aprecia en el Cuadro 3.2.2-3, la comuna presenta una población ligeramente más joven que la existente a nivel nacional, siendo el segmento de 0 a 14 años y de 65 años y más en donde se aprecian las diferencias más significativas. Nuevamente, ello parece estar hablando de una comuna que genera una cierta atracción de la población económicamente activa y, al mismo tiempo, de la

[1] La Ley Indígena N° 19.253 define Áreas de Desarrollo Indígena (ADI) como *"…espacios territoriales en que los organismos de la administración del Estado focalizarán su acción en beneficio del desarrollo armónico de los indígenas y sus comunidades"* (Art. 26).

que la población de mayor edad tiende emigrar, regresando en muchos casos a sus lugares de origen[2].

**CUADRO 3.2.3-2**
**ÍNDICE DE MASCULINIDAD**
**COMUNA DE CALAMA**

| Territorio | Índice Masculinidad | |
|---|---|---|
| | 2002 | 2015 |
| **Comuna de Calama** | 104 | 108 |
| **Región de Antofagasta** | 107 | 109 |
| **País** | 97 | 97 |

Fuente: Elaboración propia en base a Censo de Población y Vivienda 2002 y Proyección de Población 2015, INE.

**CUADRO 3.2.2-3**
**DISTRIBUCIÓN ETARIA**
**COMUNA DE CALAMA**

| Edad | % según Territorio 2015 | | |
|---|---|---|---|
| | Comuna | Región | País |
| **0 a 14** | 25 | 23 | 20 |
| **15 a 29** | 23 | 24 | 24 |
| **30 a 44** | 24 | 23 | 21 |
| **45 a 64** | 22 | 23 | 24 |
| **65 y más** | 6 | 7 | 10 |
| **Total** | 100 | 100 | 100 |

Fuente: Elaboración propia en base a Proyección de Población 2015, INE.

La clásica dicotomía urbano/rural no es una de sencilla resolución, tal como se expresa en la discusión del Informe de Desarrollo Humano del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), del año 2008. En lo que a la comuna se refiere, a la propia complejidad de la definición, deben sumarse fenómenos específicos del territorio. Entre ellos destacan, por ejemplo, la clásica movilidad que es propia de los pueblos indígenas del altiplano, los que transitan constantemente entre los centros urbanos y sus poblados de origen o la configuración que han adquirido los sectores periurbanos de Calama, en los que conviven de manera compleja nuevas edificaciones con una ruralidad (en retirada) que poco responde a los cánones clásicos asociadas a la misma. En cualquier caso, en términos formales, el INE reconoce un porcentaje levemente superior al 1% de población rural en la comuna, lo que se aprecia en el Cuadro 3.2.2-4.

[2] Aquel fenómeno se observa de manera muy marcada, por ejemplo, en el norte chico, desde el cual, históricamente, la población joven ha emigrado hacia el norte grande minero, para regresar, en muchos casos, a sus pueblos de origen durante su vejez.

**CUADRO 3.2.2-4**
**POBLACIÓN URBANO – RURAL**
**COMUNA CALAMA**

| Territorio | Habitantes | % |
|---|---|---|
| **Total Comunal** | 138.402 | 100,0 |
| **Urbana** | 136.600 | 98,7 |
| **Rural** | 1.802 | 1,3 |

Fuente: Elaboración propia en base a Censo de Población y Vivienda, INE 2002.

## 3.2.4. Descripción Socioeconómica

En los tempranos procesos de modernización decimonónica, el territorio comenzó a transitar progresivamente desde una vocación predominantemente agrícola y ganadera (la que definía las prácticas socioeconómicas de los pueblos originarios), hacia una eminentemente minera, dominada, en un primer momento por el auge del salitre y, desde los albores del siglo XX hasta la actualidad, por el macro ciclo del cobre, procesos que han consolidado a Calama como la capital minera de Chile. Aquella situación se refleja con claridad, por ejemplo, al analizar la distribución del Producto Interno Bruto (PIB) a nivel regional. Según las estadísticas del INE, al año 2013, la minería representaba más del 57% de la actividad económica regional, reforzando con ello la vocación productiva del territorio. Ese mismo año la región concentraba más del 45% del total del PIB minero del país.

Aquella configuración económica convierte a la región en una de carácter eminentemente exportador y que cuenta con la presencia de grandes empresas trasnacionales con altos niveles de tecnología y productividad. En torno al dinamismo impulsado por la gran minería se configuran el resto de actividades económicas del territorio, entre las que destaca la construcción, la que concentraba, al año 2013, un 16% del total del PIB regional.

El PLADECO 2010-2017 de la Comuna de Calama sostiene también que el principal pilar económico de la comuna es la minería, definiendo a Calama como una ciudad-dormitorio y de servicios a yacimientos cupríferos como Chuquicamata, Mina Sur, Mansa Mina, Gaby, Radomiro Tomic, entre otros. También son importantes en la comuna las diversas industrias y los talleres metalmecánicos que sirven a la minería de azufre y bórax, así como a la minería de nitratos del Salar de Atacama.

Esta orientación a la gran minería de exportación ha llevado a la región a liderar, por lejos, las estadísticas nacionales en relación al PIB per cápita. Así, por ejemplo, al año 2012 el PIB per cápita regional se situaba en torno a los US$ 37.200, muy por sobre el promedio nacional.

Una primera mirada a estas cifras pudiera llevar a pensar que se está frente a un territorio con altos niveles de desarrollo. Sin embargo, existe cierto consenso en señalar que la

noción de desarrollo sobrepasa con creces los límites otorgados por el ingreso per cápita. En efecto, un recorrido por la historia del concepto evidencia que el desarrollo ha funcionado como lo que Laclau denomina un "significante flotante", idea a través del cual el filósofo buscaba identificar aquellos conceptos que se ven desbordados de significaciones posibles, lo que hace que su principal característica sea una naturaleza ambigua y polisémica. Esa ambigüedad explica la emergencia de múltiples "miradas" desarrollistas, que han dotado al concepto de apellidos como "territorial", "local", "sostenible", "humano", etc., a través de los cuales se ha buscado evidenciar las múltiples variables que componen el "buen vivir" (ambientales, educacionales, de salud, de distribución de poder, etc.).

Sin ser este el espacio para adentrarse en profundidad en una discusión en torno al concepto ni para indagar en una descripción detallada respecto a los niveles de desarrollo "integrales" presentes en la comuna y/o región, si se consideró pertinente presentar el matiz, tanto como una introducción a los indicadores que en las siguientes páginas se presentaran como para marcar un contrapunto y valorar en su justa medida la existencia de ingresos per cápita tan altos en la región. Así, desde una perspectiva desarrollista más amplia, unos ingresos elevados, fruto de las exportaciones mineras, no necesariamente garantizan calidad de vida a toda la ciudadanía. Este punto es particularmente importante si se considera que la población objetivo del presente estudio está constituida, en lo medular, por indígenas y agricultores, los que históricamente han tenido una relación compleja (de dependencia, pero también de conflicto) con la industria minera. Y también a la hora de comprender que los buenos indicadores de ingresos no deben ocultar necesidades de estos sectores de la población, las que hacen necesaria la actuación del Estado.

Una segunda variable a considerar en la descripción socioeconómica de la población, tiene que ver con los niveles de pobreza. Para ello, sirve utilizar los resultados de la última encuesta CASEN (2015), del Ministerio de Desarrollo Social. En ella se realizaron dos tipos de mediciones: la pobreza por ingresos y la pobreza multidimensional.

Respecto a la primera, se estableció un rango de valores para establecer la línea de pobreza y de pobreza extrema que, en el caso de familias de 4 personas se situaba en los $400.000 pesos y $266.000 pesos respectivamente. La pobreza multidimensional por su parte define la pobreza en función de 5 dimensiones fundamentales, a saber: Educación, Salud, Trabajo y Seguridad Social, Vivienda y Entorno y Redes y Cohesión Social.

Los resultados de las mediciones de pobreza en función de ambas metodologías se exponen en el Cuadro 3.2.4-1.

**CUADRO 3.2.4-1**
**POBLACIÓN SEGÚN POBREZA POR INGRESOS Y POBREZA MULTIDIMENSIONAL**
**CALAMA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA Y PAÍS**

| | CALAMA | REGIÓN DE ANTOFAGASTA | PAÍS |
|---|---|---|---|
| **% Pobreza por Ingresos** | 5% | 5,4% | 11,7% |
| **% Pobreza Multidimensional** | 14% | 17,2% | 20,9% |

Fuente: Elaboración propia en base a Metodología CASEN 2015

Como puede apreciarse, la comuna de Calama presenta niveles de pobreza menores a los regionales y nacionales considerando ambas metodologías de medición de la pobreza. Aquello va en consonancia con un desarrollo histórico, pues ya la encuesta CASEN del año 2009, con una metodología algo distinta de procesamiento de los datos, evidenciaba que la pobreza comunal era menor a la existente en la región y el país, lo que se expresa en el Cuadro 3.2.4-2

**CUADRO 3.2.4-2**
**POBLACIÓN SEGÚN POBREZA**
**COMUNA CALAMA**

| POBREZA EN LAS PERSONAS | % SEGÚN TERRITORIO (2009) | | |
|---|---|---|---|
| | COMUNA | REGIÓN | PAÍS |
| **Pobre Indigente** | 0,47 | 0,75 | 3,74 |
| **Pobre no Indigente** | 9,87 | 7,24 | 11,38 |
| **No Pobre** | 89,66 | 92,01 | 84,88 |
| **Total** | 100 | 100 | 100 |

Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta CASEN 2009.

Con respecto a la importancia de las diferentes ramas de la actividad económica, Servicios de Impuestos Internos indica que, hasta el año 2013, el sector de la Construcción jugaba un papel relevante en la generación de empleos, siendo la industria manufacturera metálica, el comercio, la explotación de minas y canteras, los hoteles y el transporte otras áreas relevantes. En su conjunto se conforma una suerte de clúster económico que se articula en torno a la actividad minera, la que, como se señaló, es la principal impulsora del dinamismo económico comunal y regional. El Cuadro 3.2.4-3 muestra el número de trabajadores por rama de actividad para los años 2009, 2011 y 2013 respectivamente.

Respecto a los niveles de desempleo, y en consonancia con el último ciclo de contracción de la actividad minera, Calama presentaba, a inicios del 2016, niveles de desocupación muy superiores a los nacionales y regionales. Como se ha señalado, pese a no ser

necesariamente la principal fuente de trabajos en forma directa, el resto de las actividades económicas se articulan en torno a la minería, por lo que los ciclos de contracción que ésta presenta afectan notoriamente a toda la economía comunal. Aquello queda expresado en el Cuadro 3.2.4-4.

**CUADRO 3.2.4-3**
**NÚMERO DE TRABAJADORES POR RAMA DE ACTIVIDAD**
**COMUNA CALAMA**

| Origen | Comuna | | | Región | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2009 | 2011 | 2013 | 2009 | 2011 | 2013 |
| Agricultura, ganaderia, caza y silvicultura | 35 | 28 | 30 | 170 | 155 | 124 |
| Pesca | 0 | 0 | 0 | 375 | 449 | 634 |
| Explotación de minas y canteras | 2.457 | 1.988 | 2.350 | 9.396 | 10.957 | 10.561 |
| Industrias manufactureras no metálicas | 932 | 1.179 | 960 | 8.864 | 10.407 | 10.924 |
| Industrias manufactureras metalicas | 6.182 | 5.656 | 5.982 | 15.086 | 18.042 | 19.207 |
| Suministro de electricidad, gas y agua | 62 | 52 | 61 | 2.234 | 2.685 | 2.974 |
| Construcción | 9.248 | 10.558 | 10.932 | 38.678 | 43.072 | 44.563 |
| Comercio al por mayor y menor, repuestos, vehículos, automotores/enseres domésticos | 5.236 | 5.734 | 5.277 | 19.569 | 21.120 | 23.699 |
| Hoteles y restaurantes | 2.199 | 2.705 | 2.704 | 8.215 | 10.550 | 9.032 |
| Transporte, almacenamiento y comunicaciones | 1.810 | 2.297 | 2.764 | 8.331 | 10.360 | 12.080 |
| Intermediación financiera | 256 | 326 | 302 | 661 | 774 | 1.125 |
| Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler | 3.052 | 4.365 | 3.630 | 16.162 | 20.525 | 16.879 |
| Adm. pública y defensa, planes de seg. social afiliación obligatoria | 257 | 252 | 268 | 4.048 | 4.476 | 5.033 |
| Enseñanza | 3.163 | 3.396 | 3.949 | 9.212 | 9.866 | 10.632 |
| Servicios sociales y de salud | 427 | 454 | 566 | 3.733 | 4.160 | 4.617 |
| Otras actividades de servicios comunitarios, sociales y personales | 1.045 | 1.023 | 1.011 | 3.891 | 4.356 | 4.329 |
| Consejo de administración de edificios y condominios | 1 | 0 | 7 | 27 | 47 | 70 |
| Organizaciones y órganos extraterritoriales | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sin información | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| Total | 36.363 | 40.014 | 40.795 | 148.654 | 172.004 | 176.486 |

Fuente: Elaboración propia en base a estadisticas SII.

**CUADRO 3.2.4-4**
**TASA DE OCUPACIÓN Y DESOCUPACIÓN**
**TRIMESTE MÓVIL ENERO-MARZO 2016**
**COMUNA CALAMA**

| | Tasa de Desocupación | Tasa de Ocupación |
|---|---|---|
| **País** | 6,3 | 55,7 |
| **Región** | 7,9 | 56,1 |
| **Calama** | 10,4 | 53,4 |

Fuente: Elaboración propia en base a estadisticas INE Antofagasta.

En este contexto económico, la agricultura juega un rol bastante marginal. Como se desprende de los niveles de empleo que otorga a nivel comunal (30, al año 2013 según el Cuadro antes citado), y de las propias entrevistas realizadas, en las que los agricultores fueron recurrentemente descritos en tanto sujetos que persisten en la actividad debido a una cierta raigambre cultural que les impulsa a preservar una tradición. En términos estrictamente económicos, ésta no representa la principal fuente de ingresos familiares, pues muchos agricultores complementan los ingresos que pueden conseguir en el rubro con otros ingresos (en tanto trabajadores mineros, subcontratistas o prestadores de servicios), o bien con jubilaciones obtenidas luego de concluidas sus vidas laborales (muchas de ellas también vinculadas a la minería). En estos últimos casos (que fueron bastante recurrentes en las entrevistas realizadas), existiría una suerte de "ciclo económico vital" que llevaría, una vez finalizada la edad "económicamente activa", a dedicar sus esfuerzos a mantener la actividad agrícola que una vez conocieron a través de sus familias de origen.

### 3.2.5. Condiciones de Vida de la Población

Respecto a las condiciones de vida de la población en la comuna, se presentan a continuación una serie de indicadores de Salud, Educación, Áreas Verdes, entre otros.

En lo que se refiere a la red de salud, ésta está compuesta por un Hospital, cuatro consultorios generales urbanos y tres postas de salud rural. El Cuadro 3.2.5-1 señala el número de establecimientos de salud en la Comuna, la Región y el País para el año 2015.

En cuanto al sistema previsional de los habitantes de la Comuna, al año 2009 había una utilización mayoritaria del sistema público, lo que queda graficado en el Cuadro 3.2.5-2. Asimismo, al año 2013, y según los datos de FONASA, algo más del 15% de sus afiliados en la comuna se encontraba en el tramo A (personas carentes de ingresos, sin posibilidad de libre elección), porcentaje que era inferior al 23% existente a nivel país.

En consonancia con la situación a nivel nacional, Calama presenta unos altos niveles de alfabetización, existiendo sólo un 2% de analfabetismo. Respecto a los niveles educacionales de la población, tal como se aprecia en el Cuadro 3.2.5-3, la comuna presenta más de un 42% de personas que no han finalizado sus estudios de enseñanza media, pero, como contraparte, presenta porcentajes ligeramente superiores a los nacionales en lo que se refiere a población con estudios medios completos y enseñanza superior completa e incompleta.

**CUADRO 3.2.5-1**
**NÚMERO DE ESTABLECIMIENTOS DE SALUD SEGÚN TIPO**
**COMUNA CALAMA**

| Número de Establecimientos | Comuna | Región | País |
|---|---|---|---|
| **Centro de Diagnóstico y Terapéutico** | 0 | 1 | 10 |
| **Centro de Diálisis** | 1 | 3 | 35 |
| **Centro de Salud** | 5 | 18 | 382 |
| **Clínica** | 3 | 12 | 172 |
| **Consultorio General rural** | 0 | 2 | 117 |
| **Consultorio General urbano** | 4 | 10 | 465 |
| **Dirección Servicio de salud** | 0 | 1 | 29 |
| **Establecimiento Alta Complejidad** | 1 | 2 | 64 |
| **Establecimiento Baja Complejidad** | 0 | 3 | 103 |
| **Establecimiento Mediana Complejidad** | 0 | 0 | 28 |
| **Hospital (No perteneciente al SNSS)** | 1 | 3 | 30 |
| **Laboratorio Clínico o dental** | 8 | 21 | 228 |
| **Oficina Sanitaria** | 0 | 0 | 3 |
| **Posta de Salud Rural** | 3 | 12 | 1.177 |
| **Vacunatorio** | 0 | 0 | 29 |
| **Total** | 26 | 89 | 2.884 |

Fuente: Elaboración propia en base a estadisticas MINSAL.

**CUADRO 3.2.5-2**
**POBLACIÓN SEGÚN SISTEMA DE SALUD**
**COMUNA CALAMA**

| SISTEMA PREVISIONAL | % SEGÚN TERRITORIO (2009) | | |
|---|---|---|---|
| | COMUNA | REGIÓN | PAÍS |
| **Público** | 69,52 | 71,84 | 78,79 |
| **Isapre** | 25,13 | 21,47 | 13,04 |
| **Particular** | 5,34 | 6,69 | 8,17 |
| **Total** | 100 | 100 | 100 |

Fuente: Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN).

Respecto a los niveles de cobertura de los servicios de electrificación y agua potable, la comuna presenta porcentajes superiores al 97%, restando sólo algunos poblados del interior para alcanzar una cobertura total.

**CUADRO 3.2.5-3**
**NIVEL EDUCACIONAL DE LA POBLACIÓN**
**COMUNA CALAMA**

| NIVEL EDUCACIONAL | % SEGÚN TERRITORIO (2009) | | |
|---|---|---|---|
| | COMUNA | REGIÓN | PAÍS |
| **Sin Educación** | 2,01 | 2,51 | 3,52 |
| **Básica Incompleta** | 13,30 | 10,24 | 14,34 |
| **Básica Completa** | 10,43 | 11,12 | 10,97 |
| **Media Incompleta** | 16,67 | 22,09 | 18,98 |
| **Media Completa** | 33,95 | 33,90 | 29,90 |
| **Superior Incompleta** | 11,35 | 8,82 | 9,86 |
| **Superior Completa** | 12,28 | 11,32 | 12,43 |
| **Total** | **99,99** | **100** | **100** |

Fuente: Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN).

La mayor parte de los indicadores hasta ahora revisados sitúan a Calama por sobre los estándares nacionales, lo que evidencia la fortaleza económica que la misma ha alcanzado de la mano de la minería. Sin embargo, un punto en el que la Ciudad de Calama no destaca tiene que ver con la presencia de áreas verdes. Así, y reconociendo que, bajo el paragua de los estándares OCDE, la mayor parte de las comunas del país presentan deficiencias, la ciudad se encuentra muy por debajo del promedio nacional, tal como se expresa en el Cuadro 3.2.5-4. Lo interesante de esta estadística, para efectos de este estudio, radica en que muchos de los actores entrevistados reconocen que la ciudad tiene un notorio déficit de áreas verdes, lo que repercute en la calidad de vida de la población, por ejemplo, en la falta de espacios de esparcimiento o en la escasa humedad relativa del aire existente. Frente a ello, se atribuye a la propia actividad agrícola y a la mantención de espacios rurales (frente al crecimiento constante de la ciudad), un rol significativo en las problemáticas medioambientales y de calidad de vida, dejando de lado con ello una mirada meramente productivista del desarrollo.

**CUADRO 3.2.5-4**
**ÁREAS VERDES POR PERSONA COMUNA DE CALAMA**

| | Superficie por habitante ($m^2$) |
|---|---|
| **Promedio Recomendado OCDE** | 9 |
| **Promedio Urbano Nacional** | 4 |
| **Ciudad de Calama** | 1 |

Fuente: elaboración propia en base a estadísticas OCDE 2013.

### 3.2.6. Diagnóstico y Análisis de Pertinencia Indígena

Como se expuso en el Acápite 3.2.3, la población rural de la comuna de Calama sólo supera levemente el 1% del total de la población total. Buena parte de ese porcentaje está compuesto por comunidades atacameñas que residen en los distintos pueblos de la comuna, y cuyo ámbito de desarrollo se vincula fuertemente al rubro agro ganadero.

Según las estadísticas del INE, al año 2002, algo más de un 10% del total de la población comunal se declaraba perteneciente a algún pueblo originario, siendo la población atacameña la más numerosa, tal como se expresa en el Cuadro 3.2.6-1. Evidentemente, este número excede por mucho al de la población rural existente, lo que da cuenta de que, la mayor parte de la población indígena radica en el área urbana. Los orígenes de tal fenómeno pueden encontrarse, de acuerdo a Sanhueza y Gundermann (2007), ya desde mediados del siglo XIX. Y es que, estimulados por las nuevas oportunidades laborales, muchos indígenas atacameños de los pueblos interiores emigraron a centros urbanos como Calama o Chuquicamata, en los que pasaron a engrosar las filas de obreros que demandaban las faenas mineras e industriales del sector. Así, muchas de las comunidades del interior vivieron un progresivo proceso de asalaramiento, estableciéndose estacional o definitivamente en los centros mineros y en los alrededores de Calama, desplazando así las bases agrarias que habían sustentado tradicionalmente sus economías. Esta situación explica, por ejemplo, la aparición de comunidades como Likantatay, emplazada en plena ciudad de Calama.

**CUADRO 3.2.6-1**
**POBLACIÓN SEGÚN PUEBLO DECLARADO**
**COMUNA DE CALAMA**

| Pueblo | Cantidad de Personas | |
|---|---|---|
| | Total | Porcentaje % |
| **Atacameño** | 9.658 | 7 |
| **Aimara** | 1.305 | 1 |
| **Mapuche** | 1.211 | 1 |
| **Quechua** | 1.546 | 1 |
| **Total Pueblos Indígenas** | 13.870 | 10 |
| **Ninguno de los anteriores** | 124.532 | 90 |
| **Total** | 138.402 | 100 |

Fuente: Elaboración propia en base a Censo 2002.

El proceso por el que los pueblos indígenas fueron conformándose como fuerza de trabajo asalariada y urbanizándose progresivamente contribuye a configurar una dinámica compleja en el territorio, la que habla de que, en la actualidad, existe una población indígena que conserva lazos con sus pueblos de origen pero que radica en la ciudad de Calama. Esta población, al mismo tiempo, y en lo que se refiere a las demandas reivindicatorias de los derechos indígenas, supera por mucho los ámbitos de acción "tradicionales" (tierras y agua), e integra asuntos de avanzada modernidad, como autonomía, gobierno del territorio, reconocimiento, representación, etc. Desde esta perspectiva, las relaciones con el Estado y la aplicación de políticas públicas poseen un grado de complejidad mayor. Asimismo, y en referencia a las consecuencias que la emigración ha traído sobre los pueblos que conservan su base agraria, se observa que en éstos se ha producido un claro proceso de envejecimiento poblacional.

En términos de representación indígena, el área de estudio está marcada por la presencia del ADI Alto el Loa, la que fue decretada en octubre de 2003, y comprende el área rural de Calama y la Comuna de Ollagüe, representando una extensa zona andina de 1.271.628 hectáreas. El ADI está integrada por 10 comunidades indígenas, 9 de las cuales se encuentran en la comuna de Calama. De éstas, cinco se encuentran en el territorio definido como área de estudio: Ayquina-Turi, Caspana, Lasana, San Francisco de Chiu Chiu y Toconce.

El Cuadro 3.2.6-2 muestra las comunidades indígenas presentes en el ADI Alto el Loa.

**CUADRO 3.2.6-2**
**COMUNIDADES INDÍGENAS DEL ÁREA DE DESARROLLO INDÍGENA ALTO EL LOA**

| | Comunidad | Comuna | Pueblo |
|---|---|---|---|
| **1** | Ayquina – Turi | Calama | Atacameño |
| **2** | Caspana | Calama | Atacameño |
| **3** | San Francisco de Chiu Chiu | Calama | Atacameño |
| **4** | Conchi Viejo | Calama | Atacameño |
| **5** | Cupo | Calama | Atacameño |
| **6** | Lasana | Calama | Atacameño |
| **7** | Toconce | Calama | Atacameño |
| **8** | Taira | Calama | Atacameño |
| **9** | Estación San Pedro | Calama | Quechua |
| **10** | Ollagüe | Ollagüe | Quechua |

Fuente: Elaboración propia en base a Decreto 189 del 8 de Octubre de 2003 que declara el Área de Desarrollo Indígena Alto El Loa.

Esta revisión hace evidente que existe una importante presencia indígena en el área de estudio, por lo que cualquier proyecto de intervención en el amplio territorio del ADI Alto El Loa deberá tomar en consideración tal contexto sociocultural. Como se ha tratado de exponer en estas páginas, los procesos socioeconómicos decimonónicos y del siglo XX han impulsado la configuración de un territorio complejo, donde la población indígena, en su mayoría, abandonó sus espacios rurales tradicionales y hoy convive en la ciudad de Calama con el resto de la población atraída por el dinamismo económico de la minería. De manera incipiente, las poblaciones indígenas de la ciudad de Calama han impulsado sus propios procesos organizativos, lo que queda expresado en el intento por formar un Área de Desarrollo Indígena en el sector[3].

En tal escenario, los proyectos de desarrollo que el Estado quiera impulsar en el territorio tendrán que considerar la afectación a esta población indígena, evaluando la

[3] Al respecto, ver: http://www.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/seremi/antofagasta/prensa/2015/05/22/calama-avanza-en-la-creacion-de-su-propia-area-de-desarrollo-indigena

pertinencia de aplicar los instrumentos Internacionales que han sido ratificados en la última década, como el Convenio 169 sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes, el que entró en vigencia el año 2009. Tal tratado establece el derecho a la consulta y a la participación de los pueblos indígenas ante aquellas medidas legislativas y administrativas que puedan afectarles directamente. La ratificación del Convenio obliga a que los distintos estamentos del Estado deban incorporar en su gestión tales premisas, siendo la aplicación de la Consulta Indígena el mecanismo más común para aquello. La Consulta se funda en 7 aspectos fundamentales:

1. Es deber u obligación del Estado.

2. Es Previa.

3. Es Libre.

4. Es Informada.

5. Es de buena fe.

6. Se debe realizar a través de procedimientos culturalmente adecuados.

7. Se debe realizar con el objeto de lograr un acuerdo u obtener el consentimiento, salvo que el consentimiento sea requisito esencial.

En función de estas 7 directrices generales, el Convenio 169 establece en su articulado una serie nociones que deben ser consideradas al analizar la relación del Estado, las políticas públicas y los pueblos indígenas. A continuación, se presenta una síntesis de tales artículos:

El artículo 2, referido a responsabilidad de los gobiernos en la protección de los derechos e integridad de los pueblos indígenas.

El artículo 4, en el que se señala que deberán adoptarse medidas especiales para la salvaguardia de personas, instituciones, bienes, cultura, trabajo y medio ambiente de los pueblos, que no sean contrarias a los deseos expresados por los pueblos indígenas.

El artículo 5, referido al reconocimiento y protección de valores y prácticas de los pueblos al aplicar las disposiciones del Convenio.

El artículo 6, el que señala que, al aplicar las disposiciones del convenio, los gobiernos deberán consultar a los pueblos interesados respecto a los procedimientos, garantizar la participación libre de los mismos y desarrollar consultas de buena fe, apropiadas y tendientes a la generación de acuerdos.

El artículo 7, el que establece que los pueblos interesados podrán decidir sus propias prioridades de desarrollo, participando en la formación, aplicación y evaluación de planes y programas de desarrollo susceptibles de afectarles directamente. Señala que el mejoramiento de sus condiciones de vida deberá ser prioritario y que los gobiernos deberán velar por que los estudios respecto a las actividades de desarrollo previstas se ejecuten con su cooperación, a fin de evaluar su incidencia cultural, ambiental, etc. A su vez, deberán adoptar medidas para proteger su medio ambiente.

El artículo 13, que plantea que la aplicación de las disposiciones del Convenio por parte de los gobiernos deberá realizarse atendiendo la importancia especial que para los pueblos interesados reviste su relación con los territorios.

El artículo 15, que señala que los derechos de los pueblos sobre los recursos naturales de sus tierras deberán ser protegidos de manera especial.

El marco contextual aquí presentado contiene entonces dos aspectos fundamentales: por un lado, se está en un territorio que posee una importante presencia indígena; por el otro, existe un marco normativo que, a través del Convenio 169, regula la relación del Estado con las comunidades indígenas. Tales circunstancias fueron tomadas en cuenta durante el proceso participativo vinculado al presente estudio, el que también propone en sus conclusiones una problematización respecto a los pasos sugeridos en el caso de que los proyectos propuestos avancen hacia su concreción.

## 3.3. Coordinación con Comunidades

### 3.3.1. Introducción

Este acápite contiene un resumen de las actividades participativas efectuadas a lo largo del estudio, las que tuvieron como elementos principales a la realización de entrevistas y de reuniones con directivas de organizaciones, comunidades y con la Comisión Regional de Riego (CRR). El acápite se estructura en función de los siguientes elementos: en primer lugar, un resumen de la estrategia de intervención que guio el desarrollo del estudio en lo que respecta al vínculo con las comunidades y actores claves del territorio; en segundo lugar, la presentación de las principales actividades efectuadas tanto en el Oasis de Calama como en las comunidades del ADI Alto El Loa; en tercer lugar, una exposición de los contenidos emergentes en lo que respecta a las dos rondas de reuniones de presentación de resultados que se efectuaron con las distintas comunidades; en cuarto lugar, la elaboración de una matriz de actores relevantes.

### 3.3.2. Estrategia de Intervención

La estrategia de intervención utilizada en el proyecto respondió tanto a la propuesta metodológica inicial elaborada por la consultora como a las necesarias adaptaciones que debieron efectuarse debido a los elementos emergentes. Para insertarse de manera adecuada en el área de estudio se efectuó una primera entrevista con el encargado regional de la CNR, reunión que sirvió para comenzar a comprender las dinámicas agrícolas y sociales en el sector, evaluar los futuros contactos con actores claves y anticipar potenciales inconvenientes que pudieran aparecer. La entrevista inicial sostenida con el SEREMI de Agricultura también aportó en aquella dirección.

Así, el primer momento de la intervención estuvo destinada a ir conociendo las dinámicas territoriales existentes. Junto a ello, se comenzaron a efectuar los contactos iniciales con los actores comunitarios y a realizar entrevistas en las que pronto aparecieron una serie de resquemores de las dirigencias frente al proyecto. En ese escenario, los objetivos de esta primera ronda de contactos estuvieron dados tanto por el interés de socializar el estudio como por viabilizar la realización del mismo, obteniendo el visto bueno de las distintas organizaciones involucradas para poder efectuar los trabajos de terreno y adaptando el proyecto para que este se acercara, en la medida de lo posible, a las prioridades que los propios agricultores tenían en materia de calidad de aguas.

Desde estos contactos iniciales se establecieron una serie de acuerdos con las dirigencias que permitieron viabilizar la efectuación del estudio. Como se expondrá a lo largo de este capítulo, existe entre los agricultores de la región una extendida desconfianza hacia la acción del Estado, por lo que el presente estudio debió insertarse en un escenario social no exento de reticencias. Los acuerdos adoptados, en la mayor parte de los casos, tuvieron que ver con la devolución de los resultados obtenidos a las comunidades, con la incidencia de los agricultores en la selección de puntos de muestreos o con la adaptación de algunos de los instrumentos metodológicos a utilizar.

Así, garantizada la posibilidad de efectuar los trabajos en terreno, incorporando las aportaciones de las dirigencias y acordando la efectuación de reuniones de socialización de los resultados, el estudio encontró viabilidad social y terminó de configurarse la estrategia de intervención participativa. Todo aquello queda representado en el esquema presentado en el Cuadro 3.3.2-1.

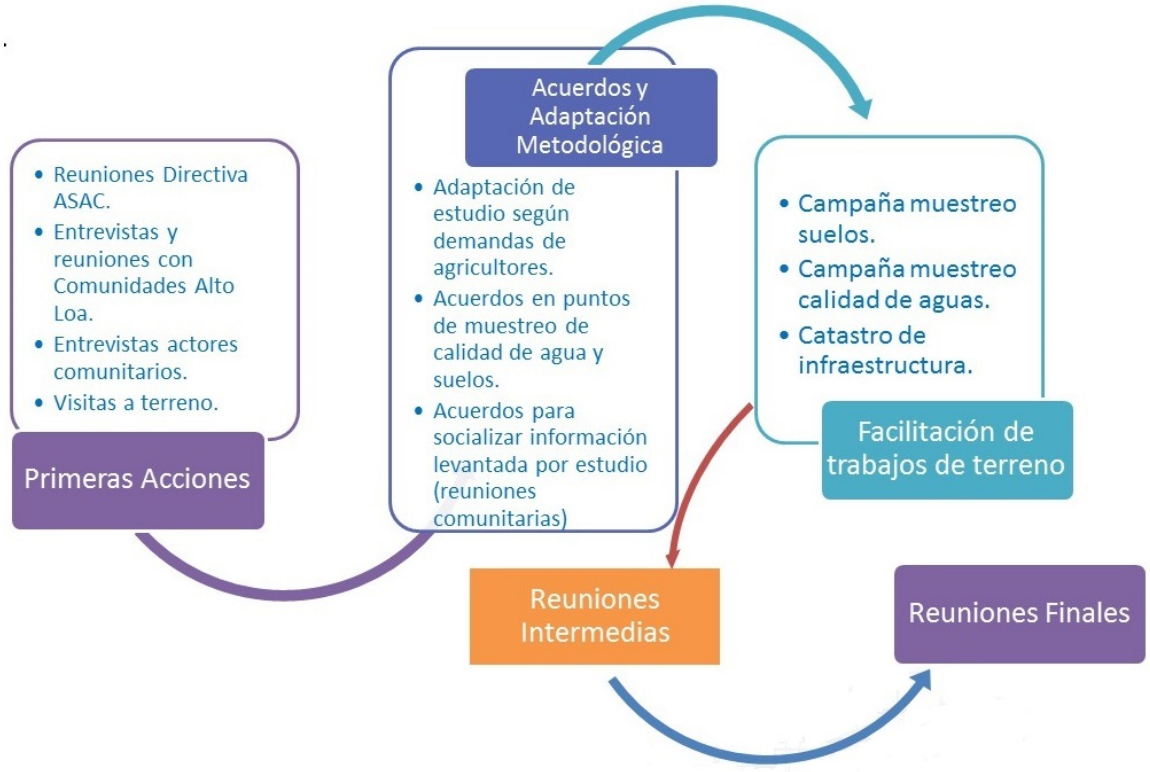



**FIGURA 3.3.2-1**
**SÍNTESIS ESTRATEGIA DE INTERVENCIÓN**

Fuente: Elaboración propia.

## 3.3.3. Actividades Desarrolladas en el Oasis de Calama

### 3.3.3.1. Generalidades

A continuación, se presenta un resumen de las principales actividades participativas efectuadas en el oasis de Calama, excluyendo las dos reuniones de exposición de los resultados, las que se sistematizan en el Acápite 3.3.5. Como se ha señalado, en etapas tempranas del estudio se realizaron una serie de reuniones con las principales organizaciones de agricultores del oasis de Calama. Entre ellas destaca la Asociación de Agricultores de Calama (ASAC), organización gremial que reúne a buena parte de los agricultores del oasis, impulsando proyectos y alianzas para fomentar el desarrollo agrícola del territorio, dentro de un contexto que habla de un continuo retroceso de la actividad. Cabe señalar que, en términos organizacionales, la ASAC reúne a agricultores pertenecientes a distintas comunidades de agua de Calama y posee un importante nivel de legitimidad y capacidad de gestión instaladas. Como muestra de esto último pueden mencionarse los acuerdos que han alcanzado en materias de asesorías con la minera Lomas Bayas (a través de los cuales algunos agricultores reciben asesorías en materias de innovación tecnológica por medio de la Fundación Chile) y el activo rol

que la organización tuvo al presionar para que el estudio "Diagnostico Situación Legal de Derechos de Agua de Cuenca del Loa, licitado el año 2014 por la CNR, no fuera ejecutado de manera íntegra[4].

Pese al importante rol que juega la ASAC, las múltiples comunidades de agua existentes en el oasis mantienen su autonomía organizacional, por lo que se optó por implementar una estrategia que las abordara de manera simultánea, a través de entrevistas con sus principales dirigentes. En lo que respecta a la ASAC, los siguientes puntos resumen los principales contactos tomados con su dirigencia en etapas tempranas del proyecto.

#### 3.3.3.2. Contactos Iniciales con Dirigentes de la ASAC

Los contactos iniciales con la dirigencia de la ASAC se realizaron a través de su actual vicepresidente, Vonn Castro, que a la vez es el presidente del canal Berna. A comienzos de julio de 2016 se efectuó una entrevista, cuyos tópicos principales se detallan posteriormente. Para el relato que aquí quiere efectuarse, cabe destacar que la conversación estuvo marcada por el malestar manifestado por el dirigente, tanto frente al accionar general del Estado en lo que respecta a sus relaciones con los agricultores de la comuna, como a ciertos aspectos del presente estudio, el que, según sus posiciones iniciales, no respondía a las necesidades ni a los intereses agrícolas del territorio. Junto con esta negativa perspectiva, los contactos iniciales con Rubén Bustamante, director de la ASAC y Presidente del Canal Coco La Villa, dieron cuenta de una posición mucho más favorable frente al estudio, lo que expresa diferentes miradas de dirigentes de la Asociación. Ante tal escenario, en el mes de julio de 2016 se realizaron dos reuniones con la directiva de la ASAC, cuyo desarrollo se presenta a continuación.

a) Primera Reunión ASAC

El día 8 de julio de 2016, a las 16:00 se realizó en las dependencias de la ASAC una reunión inicial de presentación del Estudio, la que sirvió también para canalizar las inquietudes que habían emergido desde algunos dirigentes respecto al desarrollo del Estudio. Los asistentes a la reunión se indican en el Cuadro 3.3.3.2-1.

La minuta de la reunión se presenta en el Anexo 3-1. Luego de la presentación técnica realizada por el equipo de la Consultora, la que estuvo enfocada especialmente en los trabajos en terreno a desarrollar, el presidente y vicepresidente de la organización manifestaron su molestia debido a que la CNR no habría consultado a los representantes de las distintas organizaciones vinculadas al riego respecto a la pertinencia de realizar un estudio enfocado en la calidad de aguas en el oasis de Calama, señalando que existe un hastío entre los regantes frente a la generación de estudios por parte de las reparticiones públicas en cuya génesis no son

[4] Las gestiones desarrolladas por la ASAC y por otras organizaciones quedaron expresadas en las sucesivas cartas enviadas para manifestar su rechazo al estudio.

incluidos los actores locales y ante lo que plantearon como una falta de resultados tangibles producto de los estudios anteriormente efectuados. Cabe reiterar, sin embargo, que esta perspectiva no representó a todos los directores de la organización, evidenciándose ciertas diferencias de criterios en lo que se refiere a la evaluación de las potenciales oportunidades que vislumbran a partir de la efectuación de este estudio.

**CUADRO 3.3.3.2-1**
**PARTICIPANTES PRIMERA REUNIÓN ASAC**

| NOMBRE | CARGO | INSTITUCIÓN |
|---|---|---|
| Esteban Araya | Presidente | ASAC |
| Von Castro | Vicepresidente | ASAC |
| Rubén Bustamante | Director | ASAC |
| Tomás Ramos | Director | ASAC |
| Luis Jorquera | Director | ASAC |
| Claudia Lizana | Encargada de Participación Ciudadana | Arrau Ingeniería SpA |
| Raúl Espinosa | Equipo de Participación Ciudadana | Arrau Ingeniería SpA |

Fuente: Elaboración propia.

Los dirigentes más reacios al estudio plantearon que su mayor interés estaba dado por la realización de un "Estudio de Cuencas", que sirviera como respaldo en su intención de declarar agotadas las aguas subterráneas de la cuenca del Loa, situación que manifestaron en las sucesivas cartas enviadas a autoridades públicas durante el año 2014, y que fueron citadas más arriba[5]. Asimismo, se hizo evidente una desconfianza hacia el Estado y sus instituciones, postura que fue expuesta a través de la existencia de una serie de intervenciones estatales que, desde la perspectiva de los agricultores, los habrían perjudicado abiertamente (con regularizaciones de derechos de aguas y tierras, inscripciones por parte de mineras, modificaciones de Planes Reguladores, etc.). A raíz de esta desconfianza se manifestaron totalmente reacios a entregar información que ellos consideran sensible, y que se relaciona con varios de los aspectos que buscaban ser recabados a través de la encuesta agronómica (derechos de agua, propiedad de tierra, ingresos, etc.). Objetaron también el contacto directo con los agricultores que este instrumento implica, por lo que su postura fue el que la aplicación de la encuesta hacía inviable al estudio. Desde ahí, señalaron que, de efectuarse la encuesta, efectuarían todas las acciones a su alcance para que el estudio no se desarrollara. Luego de largas deliberaciones, el acuerdo fue enviar un nuevo formato de encuesta, que incluyera algunas de las observaciones de la dirigencia para analizar nuevamente su viabilidad en una próxima reunión.

[5] En las cartas citadas, existe una manifiesta alusión a la realización de estudios de calidad de aguas, como se lee en la siguiente cita: *"[…] Estudios que si son de interés para nuestras organizaciones como lo son lo referido a la calidad de agua de riego y conexión de los acuíferos subterráneos con las aguas superficiales del río Loa*". Sin embargo, según lo expresado en la reunión, el punto fuerte que quería intencionarse con el llamado "Estudio de Cuencas" era la ya citada declaración de agotamiento de las aguas subterráneas.

Otros de los elementos del estudio generaron una mayor aceptación por parte de la dirigencia, entre los que destaca el catastro de canales proyectado. En lo que respecta a los trabajos de calidad de suelo y de aguas, la dirigencia solicitó ser considerada en la elección de los puntos, para aprovechar así el conocimiento local de las potenciales fuentes de contaminación. Así, para efectuar el recorrido de canales que permitiera realizar el catastro de obras, para la elección de sitios para toma de muestras y también para planificar futuras reuniones se adoptaron una serie de acuerdos iniciales que permitieron avanzar en la construcción de una relación que no estuviera solo dominada por la desconfianza y la sospecha. El punto pendiente para que la dirigencia aceptara el estudio quedó definido por el devenir de la encuesta agronómica.

b) Segunda Reunión ASAC

En función de los acuerdos adoptados en la primera reunión, se efectuaron algunas modificaciones al instrumento originalmente estipulado para realizar la encuesta agronómica, omitiendo algunos de los puntos que más rechazo generaban entre parte de la dirigencia (particularmente lo referente a los derechos de agua) y se continuaron sosteniendo conversaciones para buscar acuerdos. Fruto de las mismas, el día 19 de julio de 2016 se coordinó una segunda reunión con la directiva, cuyos asistentes se detallan en el Cuadro 3.3.3.2-2.

**CUADRO 3.3.3.2-2**
**PARTICIPANTES SEGUNDA REUNIÓN ASAC**

| NOMBRE | CARGO | INSTITUCIÓN |
|---|---|---|
| Esteban Araya | Presidente | ASAC |
| Von Castro | Vicepresidente | ASAC |
| Rubén Bustamante | Director | ASAC |
| Tomás Ramos | Director | ASAC |
| Luis Jorquera | Director | ASAC |
| Claudia Lizana | Encargada de Participación Ciudadana | Arrau Ingeniería SpA |
| Luis Arrau | Gerente General Consultora | Arrau Ingeniería SpA |
| Felipe Espinoza | Jefe de Proyecto | Arrau Ingeniería SpA |
| Jorge Trujillo | Coordinador Regional CNR | CNR |

Fuente: Elaboración propia.

La minuta de la reunión se presenta en el Anexo 3-2. Aunque en menor grado, la conversación nuevamente estuvo marcada por la insatisfacción de la dirigencia ante el proyecto, cuyos objetivos no vendrían a satisfacer sus necesidades prioritarias las que, al igual que en la reunión anterior, vincularon a la realización de estudios que permitieran declarar agotado el acuífero. La conversación, sin embargo, permitió ir definiendo con mayor precisión aquellos puntos que les resultaban más incomodos, los que nuevamente estuvieron vinculados a la realización de la encuesta agronómica, ello pese a los cambios propuestos por el equipo consultor. Ante la total negativa de la dirigencia, fundada en las aprensiones respecto al futuro manejo de la información una vez finalizado el estudio, se acordó obtener los datos que estaban

previstos levantar en la encuesta a través de otras metodologías y de fuentes secundarias, ello una vez comunicada la situación al coordinador del estudio de la CNR.

Zanjado el punto que generaba mayor tensión, el resto de la conversación transcurrió sin inconvenientes. En primer lugar, se revisó la propuesta de muestreo de suelos en el oasis de Calama. Los agricultores mencionaron algunos sectores que no estaban mencionados y que consideraban relevantes, como los canales Coco La Villa, Tambores, Radich, Chañar y Topater, acordándose realizar una nueva propuesta para distribuir nuevamente los puntos en función de las observaciones realizadas. La misma situación ocurrió en lo referente al muestreo de calidad de aguas, en el que se pidió agregar puntos aguas abajo del Puente Negro, en el sector de Topater, así como tomar muestras del agua utilizada por TRATACAL, que utiliza aguas tratadas para el riego.

Finalmente, se coordinaron los trabajos referentes al catastro de obras, comprometiendo el apoyo de celadores y presidentes de canales para asegurar un buen desarrollo de los mismos. Con todo aquello, se pudieron viabilizar los distintos trabajos de terreno proyectados por el estudio y obtener el apoyo de la directiva para la realización del mismo.

#### 3.3.3.3. Entrevistas con Actores Clave

De manera paralela a la efectuación de las reuniones con la dirigencia de la ASAC se llevaron a cabo diversas entrevistas con actores claves, tanto comunitarios como institucionales, las que persiguieron objetivos diversos. En primer lugar, sirvieron para comenzar a socializar el estudio entre los incumbentes, para lo cual se hizo entrega de un breve resumen del mismo, el que se presenta en el Anexo 3-3. En segundo lugar, para evaluar las posturas de los mismos frente a los objetivos del estudio. En tercer lugar, para levantar información primaria relevante para complementar los diagnósticos agrícolas y socio territoriales efectuados.

La selección de los entrevistados obedeció a una lógica de red, según la cual el progresivo proceso de inserción en el territorio y la conversación con distintos actores claves sirvió para ir conociendo a otros actores relevantes, ya sea porque se encuentran efectuando labores de interés en el rubro agrícola, por ostentar un cargo dirigencial en organizaciones a*d hoc* o por desempeñar un cargo en alguna institución vinculada a la temática en estudio. Así, en lo medular los diversos actores entrevistados pueden dividirse en dos categorías generales:

- Instituciones públicas, administración local y organismos incumbentes (ONG´s, Fundaciones u otro)

- Organizaciones locales (OUA's, Asociaciones Gremiales, Comunidades Indígenas, otras organizaciones de la sociedad civil).

Se realizaron un total de 21 entrevistas a actores relevantes, incluyendo a representantes de instituciones que poseen una cobertura territorial que excede el área de estudio, como por ejemplo el SEREMI de Agricultura, representantes PRODESAL, DOH y CNR. En el Cuadro 3.3.3.3-1 se presenta el listado de entrevistados. El Anexo 3-4 contiene la sistematización de las entrevistas realizadas. La Fotografía 3.3.3.3-1 contiene algunas imágenes de los entrevistados.

**CUADRO 3.3.3.3-1**
**LISTA DE ENTREVISTADOS OASIS DE CALAMA**

| Nº | Nombre | Institución/Organización | Cargo |
|---|---|---|---|
| 1 | Jorge Trujillo | CNR Regional | Encargado Regional |
| 2 | Jaime Pinto | SEREMI Agricultura | SEREMI |
| 3 | Jeannette Araya | INDAP | Directora |
| 4 | Liliana Cortés | CONADI | Encargada Oficina de Asuntos Indígenas, Calama |
| 5 | Edward Araya | DOH Calama | Jefe Unidad, Encargado Tranque Conchi |
| 6 | Vonn Castro | ASAC | Vicepresidente |
| 7 | Rubén Bustamante | Canal Coco La Villa | Presidente |
| 8 | Yilen Berna | PRODESAL | Encargada Programa |
| 9 | Yasna Radic | Canal Radic | Presidenta |
| 10 | Omar Barboza | Canal Chunchurri Alto y Comunidad de Indios Atacameña en el Sector de Chunchuri | Presidente |
| 11 | René Morales y Maritza Cabrera | Canal Tambores | Presidente y Tesorera |
| 12 | Leonardo Cruz | Canal Topater | Presidente |
| 13 | Sergio Cruz | Canal Lay Lay | Presidente sector La Banda |
| 14 | Vinca Espinoza | Canal Likantatay | Presidenta |
| 15 | Sonia Ávalos e Isaac Mamani | Canal Sumac Llajta | Presidenta y Dirigente |
| 16 | Franco Centella | Canal Coco la Villa | Regante |
| 17 | Rodolfo Albanes | Canal Chunchuri Bajo | Regante |
| 18 | Noemi Cuevas | Aguas tratadas sector poniente | Presidenta |
| 19 | Amalia Bautista | Comunidad Indígena de Yalquincha | Presidenta |
| 20 | Dany Canales | Fundación Chile | Profesional |
| 21 | Ernesto Cruz | Canal Chañar | Presidente |

Fuente: Elaboración propia.

**FOTOGRAFÍA 3.3.3.3-1**
**FOTOGRAFÍAS DE ENTREVISTAS**

Fuente: Equipo Consultor.

El análisis de las entrevistas ofrece información útil para complementar los diagnósticos socio territorial y agronómico. En términos generales, la mayor parte de los entrevistados parecen compartir una mirada pesimista respecto a la situación agrícola del oasis de Calama. Y es que, el que alguna vez fuera un territorio clave en términos agrícolas y ganaderos, en tanto sector forrajero y de tránsito, hoy ve sus posibilidades de desarrollo bastante limitadas.

Este diagnóstico se encuentra fundamentado en varios factores. Un punto que es considerado como relevante, especialmente entre los regantes, tiene que ver con la presencia de múltiples agentes que están presionando sobre el recurso, entre los que la industria minera aparece especialmente señalada. Y es que, dadas las móviles características del agua, los distintos usuarios vinculados a ella se encuentran fuertemente interrelacionados y, por tanto, muestran una cierta dependencia entre sí, tanto en lo que se refiere a la cantidad, calidad y temporalidad del acceso. El panorama de evidente escasez hídrica dentro de la región constituye un escenario propicio para el surgimiento de conflictos entre los usuarios y distintos usos, los que emergen como resultados de aspiraciones discordantes que convergen sobre los

limitados recursos de la cuenca del Loa. De ahí que el discurso de los agricultores calameños esté teñido de un cierto malestar y de una desconfianza, tanto hacia el accionar de las mineras como hacia el rol que habría jugado el Estado, al que acusan de privilegiar a esta industria por sobre los intereses de los agricultores. La situación se complejiza al considerar que, buena parte de los agricultores, son o han formado parte de la industria minera, o que, a través de sus programas de Responsabilidad Social Empresarial, algunas mineras (Lomas Bayas, particularmente) apoyan y financian a distintas iniciativas de pequeños agricultores. Existe pues una mirada crítica que convive con una cierta dependencia.

En cualquier caso, es en tal desconfianza en que se fundaron, por ejemplo, las reticencias iniciales de varios dirigentes en ser parte del estudio y, particularmente, en entregar datos referidos a los derechos de aprovechamiento de aguas. En varios de ellos existe una perspectiva más bien sombría respecto a las posibilidades agrícolas a futuro. La cantidad y calidad de las aguas fueron diagnosticados como unos de los principales problemas que afectan a la agricultura en el oasis, limitando las posibilidades de diversificar la producción agrícola, la que hoy se ve restringida fundamentalmente al cultivo de maíz y alfalfa. Estos cultivos, que logran sobrellevar los problemas de calidad de agua y tierra, demandan, dadas las condiciones existentes, de ingentes inversiones y poseen una baja rentabilidad. El crecimiento urbano (que ocupa progresivamente buena parte de las tierras agrícolas), el envejecimiento de la población interesada en el rubro agrícola, la imposibilidad de cultivar hortalizas dada la calidad del suelo y el agua, entre otros asuntos, fueron otros de los asuntos mencionados. Pese a este cuadro más bien desalentador, han ido apareciendo algunas pequeñas iniciativas que buscan generar una agricultura intensiva, por ejemplo, a través de la hidroponía, la que genera mayor rentabilidad que los cultivos tradicionales, pero que debe hacer frente a diversas dificultades en lo que a calidad del agua se refiere. Su potencialidad es reconocida por muchos actores, debido a que constituye una agricultura de mayor valor y que puede insertarse en un mercado importante, que demanda constantemente productos frescos (la propia ciudad de Calama). Sus niveles de desarrollo son hasta ahora aún muy incipientes.

La Fotografía 3.3.3.3-2 presenta algunas imágenes que grafican la situación agrícola del oasis.

**FOTOGRAFÍA 3.3.3.3-2**
**FOTOGRAFÍA DE ÁREA DE ESTUDIO**

Fuente: Equipo Consultor.

### 3.3.4. Actividades en el Área de Desarrollo Indígena Alto el Loa

Como se describió en el Acápite 3.2.6, el ADI Alto El Loa se encuentra integrada por una serie de comunidades indígenas, estando varias de ellas dentro del área de estudio definida para el presente proyecto.

Originalmente se planteó realizar una reunión con la dirigencia del "Consejo de Pueblos Originarios del Alto El Loa", que corresponde a una organización formal que agrupa a los pueblos del Alto El Loa, cuya actual presidenta es Sara Berna, de la Comunidad de Cupo. Esta instancia no se pudo concretar por diversos motivos, lo que, en combinación con la recomendación de la CONADI de tratar directamente con las dirigencias de las Comunidades, llevó a iniciar un acercamiento con cada una de ellas. Tal opción también se ve respaldada por la declaración pública del Consejo Alto el Loa, en el que señala que las Comunidades Indígenas son

los estamentos representativos a través de los cuales deberá realizarse la comunicación respecto a proyectos vinculados a sus territorios. Tal declaración se presenta en el Anexo 3-5. Ese espíritu de respectar la representatividad de las organizaciones de base ancestral está también recogido en el Convenio 169.

En concreto, en las comunidades atacameñas de Chiu Chiu, Lasana, Ayquina, Toconce y Caspana se realizaron gestiones con las dirigencias para presentar el proyecto y evaluar su interés en formar parte del mismo, viabilizando con ello los trabajos de terreno proyectados.

En lo que sigue se describen las gestiones realizadas y el Cuadro 3.3.4-1 incorpora el listado de reuniones efectuadas con las dirigencias. Cabe señalar que se intentó tomar contacto con el Departamento Andino de la Municipalidad de Calama, pero las gestiones, presenciales y vía correo electrónico, fueron infructuosas.

**CUADRO 3.3.4-1**
**LISTA DE REUNIONES ADI ALTO EL LOA**

| Nº | NOMBRE | INSTITUCIÓN / ORGANIZACIÓN | CARGO |
|---|---|---|---|
| 1 | Gilberto Anza | Comunidad Atacameña de Caspana | Presidente |
| 2 | Floridor Yufla | Comunidad Atacameña de Toconce | Presidente |
| 3 | Hernaldo Ferrer | Comunidad Atacameña de Lasana | Presidente |
| 4 | Asamblea Extraordinaria | Comunidad Atacameña de Caspana | Asamblea |
| 5 | Ricardo Cruz | Comunidad Atacameña de Ayquina-Turi-Paniri | Presidente |
| 6 | Ricardo Cruz, Judith Copa, Wilson Segovia | Comunidad Atacameña de Ayquina-Turi-Paniri | Parte de la directiva |
| 7 | Filomena Ayavire | Comunidad Atacameña de Ayquina-Turi-Paniri | Tesorera |
| 8 | Heriberto Galleguillos | Comunidad Atacameña San Francisco de Chiu Chiu | Presidente |
| 9 | Abdón Gómez | Asociación de Regantes de Chiu Chiu | Presidente |

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se resumen los resultados de los contactos iniciales con las comunidades del Alto Loa y su decisión de participar en el estudio.

La recepción de las comunidades, a través de sus representantes, al estudio, fue diversa. En Ayquina y Lasana existió un inmediato interés en ser parte del mismo, aun cuando se establecieron ciertas exigencias en lo referido a la entrega de resultados a los incumbentes, situación que, al parecer, no ha sido siempre el tenor de las relaciones de las comunidades con empresas y el Estado. Así, existió un compromiso de mantener informado a los dirigentes, de entregar los resultados obtenidos por el estudio y de evaluar proyectos que pudieran venir en

apoyo de la agricultura existente en ambas comunidades, bajo el supuesto que los problemas referidos a la calidad de aguas no son necesariamente los más sentidos por las mismas. En cualquier caso, luego de varias conversaciones, se logró establecer una dinámica de trabajo y asegurar la participación de las comunidades.

**CUADRO 3.3.4-2**
**PARTICIPACIÓN DE LAS COMUNIDADES INDÍGENAS DEL ALTO LOA EN EL ESTUDIO**

| SECTOR | COMUNIDAD | PARTICIPACIÓN DEL ESTUDIO | INDICACIONES PARTICULARES |
|---|---|---|---|
| Caspana | Caspana | Se restó de participar del estudio. No se levantó información de terreno en la comunidad. | La decisión fue tomada por la Asamblea de la Comunidad. |
| | Ayquina | Favorable | Entrega de resultados y comunicación fluida con la Comunidad. |
| | Toconce | Se restó de participar del estudio. No se levantó información de terreno en la comunidad. | El cambio de Directiva de la comunidad no permitió que los plazos de decisión de la Comunidad fueran compatibles con los del estudio. |
| Chiu-Chiu | Lasana | Favorable | Entrega de resultados y comunicación fluida con la Comunidad |
| | Chiu Chiu | Favorable | Entrega de resultados en cada etapa del estudio. |

Fuente: Elaboración propia.

Algo semejante podría haber pasado con la Comunidad de Toconce, de no haber mediado una coyuntura política interna. Y es que el actual presidente se mostró muy receptivo con el proyecto y planteó su interés en ser parte del mismo, pero, luego de consultar en la Asamblea General de la Comunidad, y dada la próxima efectuación de elecciones internas (la directiva se encontraba en un período de prórroga), el presidente planteó que no tenía las atribuciones para decidir integrarse al estudio y que debía ser la próxima directiva la que definiera aquello. Dado que esta nueva directiva asumiría recién a finales del año 2016, los tiempos no permitieron incorporar a la Comunidad.

En el caso de la Comunidad de Caspana, luego de sostener conversaciones con su presidente y secretario, se coordinó la asistencia a una Asamblea Extraordinaria, efectuada en el Pueblo Viejo de Caspana el día 24 de agosto de 2016 y a la que asistieron cerca de 60 comuneros. Al exponer los alcances del estudio, la Asamblea definió restarse, fundamentando su decisión en varios puntos:

- Señalaron no haber sido ellos quienes solicitaron el estudio, y que su prioridad en tanto agricultores no está dada por el estudiar la calidad de las aguas, del

suelo o la situación de los canales, por lo que los contenidos principales del estudio no fueron de su interés.

- Plantearon que el Estado ha realizado estudios anteriores en el pueblo, pero estos no han tenido resultados concretos en términos de inversiones públicas en el territorio. Como prueba de aquello se planteó lo sucedido con un estudio de la DOH para instalar agua potable, el que lleva largos años sin entregar una solución a la temática. Por ello, declararon no estar dispuestos a perpetuar en una lógica en la que no se sienten beneficiados. Al respecto, existieron una serie de alusiones y reivindicaciones a lo que consideran una deuda histórica del Estado con los pueblos indígenas.

- Se hizo evidente la existencia de una desconfianza hacia el Estado, especialmente en lo que se refiere al problema de las aguas. A la vez, según señalaron, existen conflictos históricos con los agricultores de Calama por derechos de aguas, lo que hizo que no hubiera mayor interés en ser parte de un estudio que incorpora a ambos territorios.

- Los comuneros también señalaron que no desean validar el que el Estado efectúe inversiones en territorios indígenas sin tener antes su consentimiento ni sin ser parte de la génesis de los proyectos.

En Caspana entonces predominaron ciertas posiciones de desconfianza, las que se vieron potenciadas en la Asamblea y limitaron las posibilidades de observar algunas de las potencialidades que podría tener el estudio. En cualquier caso, al tratarse de una Asamblea que es el órgano soberano de la Comunidad, y al tener ésta una posición definida respecto a su no involucramiento en el estudio, se acató tal postura y se descartó insistir en intentar efectuar los trabajos proyectados inicialmente en los terrenos de la Comunidad.

La Comunidad Atacameña San Francisco de Chiu Chiu determinó que el diálogo debía realizarse a través de la Asociación de Regantes de la localidad, organización encargada de revisar las temáticas agrícolas y de riego y cuyos miembros son los mismos comuneros. Así, luego de los contactos iniciales con el presidente de la Comunidad Indígena de Chiu Chiu, el presidente de la Asociación de Regantes pasó a ser el interlocutor principal. Con él se tuvieron distintos encuentros, en los que se presentó el estudio y se evaluó la disposición general de la comunidad en ser parte del mismo. Al igual que en Caspana, el discurso estuvo marcado, en todas las ocasiones, por una postura crítica y de desconfianza hacia el quehacer del Estado, planteándose que, muy probablemente, los agricultores del sector no querrían ser parte de un nuevo estudio debido a malas experiencias anteriores y a un desencanto instalado respecto al rol del Estado y su apoyo a los pequeños agricultores indígenas. Las posibles filtraciones del tranque Talabre, la pérdida de derechos de aguas, la realización de estudios anteriores sin

comunicar adecuadamente sus resultados, fueron algunas de las temáticas que sirvieron para graficar la emergencia de esta crítica postura.

Luego de diversas conversaciones, se definió que sería la Asamblea la que tendría que definir la incorporación o no de la Comunidad al estudio. Al igual que en el resto de las Comunidades, predomina en Chiu Chiu un carácter asambleístico en lo que a la distribución del poder se refiere, por lo que difícilmente algún dirigente (que en estos casos actúan de voceros de la asamblea) podrá tener un rol decisional. Esta situación obligó permanentemente a gestionar el proyecto con cierta flexibilidad en cuanto a los tiempos inicialmente proyectados. Finalmente, el 18 de octubre de 2016, en la Sede de la Junta de Vecinos de Chiu Chiu, se efectuó una reunión con representantes de los regantes, cuya asistencia se detalla en el Cuadro 3.3.4-2.

**CUADRO 3.3.4-2**
**PARTICIPANTES REUNIÓN CHIU CHIU**

| NOMBRE | CARGO | INSTITUCIÓN |
|---|---|---|
| César Navarrete | Coordinador Estudio | CNR |
| Luis Arrau | Gerente | Arrau Ingeniería |
| Claudia Lizana | Encargada PAC | Arrau Ingeniería |
| Abdón Gómez | Presidente | Asoc. de Agricultores Chiu Chiu |
| Jaime Sarapura | Socio | Canal Del Pueblo, Canal La Banda y Canal Grande |
| Fernando Saire | Presidente | Canal La Banda |
| Santos Gómez | Presidente | Canal Grande |
| Richard Colque | Secretario | Canal Grande |

Fuente: Elaboración propia.

El acta de la reunión se presenta en el Anexo 3-6. En ella se expusieron las características del estudio y los agricultores manifestaron que un potencial embalse en el río Salado no los afectaría, pues ellos riegan con aguas del río Loa. Al igual que en ocasiones anteriores, los regantes hicieron ver su desconfianza hacia las intervenciones del Estado, que en este caso se encuentra fundada principalmente en lo que consideran un defectuoso proceso de regularización de derechos de agua en la década del 80´. Junto a ello, enumeraron una serie de situaciones que han reforzado un cierto descontento frente al Estado (la administración del tranque Conchi o su experiencia en proyectos agrícolas específicos), a partir de los cuales su interés inicial en ser parte del presente estudio era bastante reducido.

Pese a esta postura inicial, gracias a las diversas conversaciones sostenidas fueron alcanzándose acuerdos. Las mayores exigencias de los agricultores fueron el manejar prudentemente los resultados obtenidos en relación a la calidad de aguas (considerando que los posibles malos resultados afectarían su principal fuente de ingresos) y el tener acceso a los resultados del estudio. Luego de una última deliberación interna de los agricultores, entregaron su visto bueno y se coordinaron los trabajos en terreno.

La Fotografía 3.3.4-1 contiene algunas imágenes de los dirigentes, reuniones efectuadas y de la zona de estudio. En lo medular, y en tanto, conclusión, puede señalarse que en varios casos existe una evidente fractura en la relación de las comunidades indígenas con el Estado, especialmente en un tema tan sensible para las mismas como es el agua. Y es que la presencia de grandes industrias mineras, cuya producción está íntimamente vinculada a la utilización de importantes volúmenes de agua, ha configurado una histórica disputa en torno a un recurso muy limitado en la región y una sensación de despojo por parte de las comunidades de los pueblos originarios. A partir de aquello, el trabajo realizado demandó diálogo y flexibilidad permanentes.

En términos agrícolas y sociales, es evidente que en la mayor parte de las comunidades se ha venido produciendo una pérdida constante de los territorios productivos, lo que viene explicado tanto por la disminución del agua disponible como por la emigración y el envejecimiento poblacional, situación ya reseñada en el Acápite 3.2.5. Así, hoy parece subsistir una agricultura de carácter más marginal, menos diversa y más precarizada que la de antaño, existiendo también problemas referentes a la calidad de aguas y suelos en varias de las comunidades del sector (aunque quizás no de la magnitud de los que existen en Calama).

Como en buena parte del Altiplano chileno, se produce aquí el fenómeno de la movilidad permanente de la población en edad activa, la que reside en Calama pero mantiene un vínculo constante con sus comunidades de origen, estableciendo relaciones económicas y familiares con las mismas. Ello otorga ciertas dosis de dinamismo y complejiza una realidad que, de lo contrario, hablaría de territorios totalmente deprimidos y marginales. Sin embargo, en lo que a las actividades económicas se refiere, la tradicional vocación agrícola y ganadera de la mayor parte de las comunidades ha retrocedido, apareciendo nuevos rubros de potencial desarrollo económico, aunque aún con un carácter muy incipiente[6].

[6] Destaca entre ellas el turismo, con experiencias como la gestión de los Geiser del Tatio por parte de las Comunidades de Caspana y Toconce.

**FOTOGRAFÍA 3.3.4-1**
**FOTOGRAFÍA REUNIONES Y TERRITORIO ADI ALTO EL LOA**

Fuente: Equipo Consultor.

## 3.3.5. Presentación de Resultados a Actores Relevantes

### 3.3.5.1. Introducción

La propuesta metodológica que efectuó esta consultora incluía la realización de entrevistas y de reuniones con las comunidades de regantes, con el interés de dotar al estudio de mayor validez social e incorporar los conocimientos que los propios regantes pudieran incorporar y que pudieran ser útiles para los fines del estudio. Como se ha dicho, los acuerdos alcanzados en las reuniones iniciales con los dirigentes de las distintas comunidades incluyeron la demanda de socializar los resultados alcanzados, lo que vino a reforzar la propuesta originalmente establecida.

Es en ese contexto en el que se enmarcó la realización de las reuniones, cuyos principales contenidos se presentan a continuación para cada una de las comunidades involucradas. Cabe señalar que se optó por realizar reuniones separadas, tanto por motivos de forma (distancia existente entre cada una de las comunidades) como de fondo (se consideró pertinente relevar las especificidades de cada uno de los territorios que comprenden el área de estudio).

Además de las reuniones con las comunidades, se juzgó pertinente incluir en esta ronda de reuniones a la CRR, considerando que en ella se congregan una serie de instituciones vinculadas a la temática en estudio y que encarnan la presencia del Estado en la región. Así, las reuniones efectuadas se llevaron a cabo con las siguientes organizaciones/instituciones:

1. Asociación de Regantes de Chiu Chiu.

2. Asociación de Agricultores de Calama.

3. Comunidad Atacameña de Lasana.

4. Comunidad Atacameña de Ayquina – Turi.

5. Comisión Regional de Riego.

Con cada una de estas organizaciones se efectuaron 2 reuniones de presentación de resultados. En la primera de ellas, en marzo de 2017, se expusieron los resultados parciales del estudio y se levantaron algunas demandas de las comunidades y en la segunda, en diciembre de 2017, se presentaron los resultados finales del mismo. Las páginas que siguen contienen una sistematización de las dos rondas de reuniones efectuadas con cada una de las comunidades.

#### 3.3.5.2. Primera Ronda de Reuniones de Presentación de Resultados

Estas reuniones se enmarcaron en los esfuerzos tendientes a presentar los avances del estudio a las distintas comunidades y buscar ciertos complementos territorialmente situados que pudieran ser útiles para el diagnóstico y para futuras propuestas de intervención. El objetivo general de estos encuentros fue el exponer los resultados del diagnóstico a las respectivas comunidades y triangular los hallazgos[7] obtenidos por el estudio (tanto en lo

[7] La triangulación de la información hace referencia a una técnica de validación de información cualitativa que consiste en cruzar evidencias provenientes de distintas fuentes empleadas en un estudio. Su propósito está dirigido a ofrecer mayor credibilidad a los hallazgos, comparando información para ver si las distintas fuentes utilizadas en los levantamientos presentan convergencias o divergencias. En este caso, la triangulación buscada tuvo que ver con el contraponer los resultados del diagnóstico (efectuado a través de fuentes primarias y secundarias) con la experiencia relatada por los asistentes a reunión.

referente a la calidad de aguas, de suelos y estado de canales) con los conocimientos de los asistentes, valiéndose para ello de la experiencia que los mismos poseen respecto a sus localidades. Con todo aquello se esperaba enriquecer el diagnóstico elaborado por el estudio e indagar preliminarmente acerca de eventuales medidas de intervención.

A continuación, se describen someramente los contenidos que buscaron desarrollarse en los principales momentos de la actividad.

a. Presentación de Resultados del Diagnóstico

La primera parte de la reunión estuvo destinada a exponer los resultados del diagnóstico, poniendo especial énfasis en los datos emergentes desde los estudios de calidad de suelos y aguas, los que desde un principio constituían quizás el mayor interés por parte de las comunidades indígenas y de regantes. Se presentaron aquí también los escenarios que se están construyendo y el árbol de problemas confeccionado para cada territorio, siendo estos dos elementos puntos de partida adecuados para la posterior discusión grupal en torno a las posibilidades futuras de la actividad agrícola. La exposición se realizó a través de un Power Point, el que fue adaptado en función de los resultados pertinentes para cada territorio. El Anexo 3-7 contiene la presentación utilizada en la reunión con la CRR, la que sirve como modelo de referencia para las otras reuniones efectuadas.

b. Ronda de Consultas y Respuestas

El segundo momento de las reuniones estuvo destinado a resolver las dudas que los asistentes pudieran tener respecto a la presentación efectuada. El jefe de proyecto, el coordinador del Estudio y los profesionales asistentes intentaron contestar tales inquietudes. Este ejercicio, al fomentar la participación de los asistentes, se articuló de manera natural con la tercera y última etapa de las reuniones.

c. Discusión Grupal

La discusión grupal buscó constituirse en un espacio que permitiera evaluar los principales intereses de los asistentes en relación con las necesidades consideradas como más urgentes para la actividad agrícola. En función de las necesidades emergentes se buscó avanzar hacia la detección de eventuales iniciativas a través de las cuales pudieran enfrentarse las problemáticas identificadas como de mayor urgencia (obviamente, siempre en relación con los alcances del presente estudio). Asimismo, y para intentar sobrepasar la construcción de iniciativas genéricas y de aprovechar el conocimiento situado de los asistentes, se buscó asociar las ideas emergentes con territorios específicos en los que estas debieran ser desarrolladas.

Las preguntas directrices para la discusión fueron las siguientes:

- ¿Cuál es la necesidad que considera más relevante?
- ¿Qué iniciativas considera pertinentes para enfrentar tal necesidad?
- ¿En qué sector se hace más necesaria su implementación?

La discusión grupal fue sistematizada en un papelógrafo, el que contenía las principales ideas fuerza de la discusión en cada una de las tres variables que buscaron abordarse en esta parte del trabajo. Cabe señalar que la reunión efectuada en la CRR no incorporó la tercera etapa del trabajo, concentrándose la reunión en la presentación de los resultados hasta ahora obtenidos y en una ronda de preguntas y comentarios por parte de los asistentes.

A continuación se presenta la sistematización de cada una de estas reuniones, mientras que el Anexo 3-8 contiene algunas fotografías de los encuentros.

***Reunión Directiva de Comunidad Atacameña de Ayquina-Turi-Paniri y Presentación Estudio en Asamblea de Comunidad.***

La reunión con la directiva de la Comunidad Atacameña de Ayquina-Turi se llevó a cabo el 27 de marzo de 2017 en la sede de la comunidad. A ella asistieron los dirigentes Ricardo Cruz, Wilson Segovia y Paulino Anza, tal y como se aprecia en el Anexo 3-9.

El formato de la reunión (exclusivamente con la directiva) fue solicitado por los dirigentes en conversaciones anteriores, por lo que, a diferencia de las otras reuniones comunitarias, no se incluyó aquí un formato participativo para la detección de necesidades e iniciativas prioritarias y se efectuó una presentación que estuvo a cargo del jefe de proyecto y de la encargada de Participación Ciudadana, para posteriormente abrir un espacio de conversación respecto de los contenidos presentados.

Una vez efectuada la presentación, el presidente de la comunidad comentó el interés de tener una copia de los resultados de calidad de aguas, lo que fue señalado como particularmente relevante en el caso de la vertiente Chañaral pues en ese lugar la comunidad quiere aprovechar las aguas para el consumo humano y para el riego. La directiva comentó, a la vez, que existe la percepción de que aguas arriba y debajo de las fosas sépticas del pueblo existe contaminación de agua, lo que habría sido comprobado en mediciones efectuadas por el Ministerio de Medio Ambiente y por Aguas Antofagasta. La sospecha de la comunidad es que la contaminación proviene de la escuela de Caspana. Frente a tal situación, los encargados del estudio comentaron que los resultados arrojados por las mediciones de agua arrojaron niveles menores de coliformes fecales, los que no alcanzan a afectar a la actividad agrícola.

Otro punto de potencial contaminación evaluado por la comunidad es el de la quebrada Hojalar, la que se cree puede ser afectada por la actividad de la Minera San Santiago, la que elimina sus residuos en este afluente. Al mismo tiempo se señala que el rio Talicura podría estar generando cambios en la calidad del agua al combinar con el rio Caspana. Se plantea que ese rio es "*raro"* y que sus aguas son mucho más turbias.

Ayquina tiene una serie de vertientes, 13 de las cuales actualmente no se encuentran en uso (aunque si inscritas), por lo que su futura utilización podría viabilizar nuevos proyectos de riego. La opción de no utilizar esas aguas tiene que ver con el interés de que las mismas lleguen *"a los hermanos de Quillagua"*, situación que actualmente no ocurre, por lo que se señala que deben estar siendo utilizadas aguas abajo sin la autorización de la comunidad.

Un último asunto emergente en la conversación tuvo que ver con la plaga de chululos que actualmente afectan a las vegas de Turi y a otros sectores, generándose una serie de inconvenientes en relación al riego.

La directiva manifestó su interés en que se realice una breve presentación del diagnóstico a la comunidad durante la asamblea del día 13 de mayo de 2017, en la que se entregaría un lapso de tiempo para exponer los contenidos principales a la Asamblea. La Fotografía 3.3.5.2-1 contiene algunas fotografías de la reunión con la directiva.

**FOTOGRAFÍA 3.3.5.2-1**
**FOTOGRAFÍAS REUNIÓN DIRECTIVA COMUNIDAD ATACAMEÑA DE AYQUINA-TURI-PANIRI**

Fuente: Equipo Consultor.

En función del compromiso recién señalado con la directiva, el día sábado 13 de mayo de 2017 se realizó una breve presentación de los resultados del estudio en la Asamblea de la Comunidad de Ayquina, Turi y Paniri. Debido a que la directiva entregó sólo un breve espacio

luego de una reunión que la comunidad sostuvo con el Alcalde de Calama, la presentación efectuada fue abreviada y no se efectuó el trabajo participativo para indagar intereses entre los regantes. En cualquier caso, los resultados expuestos resultaron de interés para los asistentes, tanto en lo concerniente a la calidad de las aguas como en lo referido al tratamiento de suelos y alternativas de cultivos. De ahí que las intervenciones de los asistentes estuvieran vinculadas al manejo de compostaje, a los cultivos potencialmente viables en el área y a las posibilidades de potabilización de las aguas considerando los resultados obtenidos en las mediciones de calidad de aguas.

La Fotografía 3.3.5.2-2 contiene algunas fotografías del encuentro, el que también sirvió para poner en aviso respecto a la nueva campaña de toma de muestras.

**FOTOGRAFÍA 3.3.5.2-2**
**FOTOGRAFÍAS PRESENTACIÓN ANTE ASAMBLEA COMUNIDAD ATACAMEÑA DE AYQUINA-TURI-PANIRI.**

Fuente: Equipo Consultor.

### *Reunión Comisión Regional de Riego*

La reunión con la CRR se realizó el día 28 de marzo de 2017 y, como se señaló, tuvo un carácter distinto al de las reuniones comunitarias pues no incluyó el trabajo participativo tendiente a la construcción de iniciativas de inversión. En términos generales, luego de

efectuada la presentación a los integrantes de la Comisión (9 personas en total), se efectuaron algunas preguntas referidas al Área de Estudio o a las estadísticas utilizadas para construir el modelo. El acuerdo más relevante tuvo que ver con el que, dado el interés de algunos integrantes de la Comisión por conocer y observar los modelos generados, se enviaría la información hidrológica para recibir los comentarios de quienes los deseen realizar. El acta de la reunión de la CRR se adjunta en el Anexo 3-10, mientras que la Fotografía 3.3.5.2-3 contiene algunas fotografías de la reunión.

**FOTOGRAFÍA 3.3.5.2-3**
**FOTOGRAFÍAS REUNIÓN COMISIÓN REGIONAL DE RIEGO**

Fuente: Equipo Consultor.

### *Reunión Asociación de Agricultores de Calama*

En función de lo acordado con el presidente de la ASAC, la reunión con los asociados se efectuó el día martes 28 de marzo de 2017, a las 17 horas, en las dependencias de la Asociación. Ese mismo día se llevó a cabo un partido de la selección chilena de futbol, situación que seguramente incidió en la baja asistencia existente, a pesar de que el número de confirmados previamente superaba las 30 personas. El Anexo 3-11 contiene el listado de asistencia a la reunión.

Al igual que en encuentros anteriores, la tónica inicial de la reunión estuvo marcada por una actitud crítica por parte de varios asistentes. Así, durante la presentación efectuada por el coordinador del estudio y el jefe de proyecto emergieron varios tópicos que generan malestar entre los agricultores, enumerándose a continuación algunos de los mismos:

- Algunos asistentes señalaron que el Tranque Talabre tiene filtraciones que van al río y que generan contaminación. Aquella denuncia se enmarca dentro de

un alegato más general que tiene que ver con las externalidades negativas vinculadas a la actividad minera, siendo una de las más relevantes la de la contaminación de las aguas.

- También vinculado a las externalidades de la actividad minera, los asistentes señalaron que ésta tiene un alto consumo hídrico, que limita las posibilidades de los agricultores de contar con mayor seguridad hídrica. Los largos turnos de riego que deben enfrentar en el verano o la utilización de las aguas del río San Pedro por parte de Codelco fueron dos asuntos esgrimidos por los asistentes para ejemplificar dicha situación.

- Vinculado con el punto anterior, otro de los asuntos que causa cierto malestar es lo que se califica como una fiscalización insuficiente respecto a la real utilización de los derechos de aguas por los distintos actores que utilizan el recurso. Así, se plantea que deben mejorarse los aforos y los controles en el río y, aun cuando no puede ser verificado por el presente estudio, lo cierto es que existe una percepción social instalada entre los agricultores de Calama que, aguas arriba, existe una sobre utilización de los derechos de agua, lo que les impide contar con más recursos en la época estival. El control existente en el tranque Conchi fue abiertamente criticado por los asistentes.

- Otra crítica que surgió en la reunión, y que ya había aparecido en anteriores encuentros, tuvo que ver con la disconformidad respecto a la efectuación de estudios que no se traducen necesariamente en inversiones en el territorio. Se planteó que el reciente proyecto de un embalse multipropósito en el río Salado, que podía contribuir a la actividad agrícola, terminó derivando en un embalse para el control de crecidas, que no satisface las expectativas de los agricultores. En este respecto, cabe señalar que existe un hastío entre algunos dirigentes ante lo que analizan como inversiones del Estado que no benefician directamente a la agricultura.

Estos comentarios críticos de algunos asistentes intentaron ser abordados por el coordinador del estudio, el que planteó, por ejemplo, la necesidad que tiene el Estado de generar estudios previos al desarrollo de inversiones para garantizar que las mismas representan las mejores alternativas a un problema que ha sido debidamente identificado y analizado. La conversación permitió ir generando un nuevo clima en la reunión y los asistentes compartieron algunos de los elementos que consideran destacados de la agricultura calameña y que permitirían proyectarla al futuro. Entre los aspectos señalados aparecen, por ejemplo, los servicios ambientales que proporciona la actividad a la ciudad de Calama (considerando el contexto desértico en el que se emplaza el oasis) o la buena calidad del maíz producido en la zona, el que se encuentra fuertemente enraizado en la cultura campesina local.

Junto a aquellas potencialidades detectadas, comenzaron a emerger algunas iniciativas que los asistentes consideran adecuadas para apoyar el desarrollo de la agricultura calameña. De esta forma, la conversación empalmó de manera natural con la segunda parte del programa de la reunión, el que estaba destinado indagar respecto a iniciativas consideradas de interés por parte de los agricultores. La conversación fue sistematizada siguiendo los lineamientos metodológicos más arriba presentados y los principales resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 3.3.5.2-1.

**CUADRO 3.3.5.2-1**
**SISTEMATIZACIÓN DE NECESIDADES E INICIATIVAS EMERGENTES EN REUNION CON ASOCIACIÓN DE AGRICULTORES DE CALAMA**

| Necesidad | Iniciativa | Sector |
|---|---|---|
| Viabilizar futuro agrícola en oasis de Calama | Royalty minero para la agricultura en Calama. Esta iniciativa fue fundamentada a partir de que Calama es una zona extrema, que contribuye enormemente a la generación de riqueza del país y que padece de las diversas externalidades ambientales negativas generadas por la minería. | Oasis de Calama |
| Mejorar conductividad de canales. | Mejorar canales principales, revistiéndolos o abovedándolos. Se señala que se requiere una renovación y mejoramiento de la infraestructura hídrica, ello debido a dos elementos principales: en primer lugar, por la gran cantidad de basura que se acumula en los mismos y que se hace muy complejas las limpiezas (en este punto se aboga por que existan programas de educación ambiental). En segundo lugar, pues se requiere aumentar la sección hidráulica de los canales, para lo cual se propone levantarlos y/o perfilarlos. Tal necesidad aparece, entre otras cosas, debido a la acumulación de sales que achican progresivamente la capacidad de los canales. | Canal Tronco, Canal Lay Lay, Canal Coco la Villa, Canal Chunchurri. |
| Aumentar capacidad de control sobre el recurso hídrico | Control de ingreso de agua a canales. Con ello se espera tener claridad respecto a cuantos litros por segundo ingresan a cada canal, a través de un control diario y permanente. Interesa, en este punto, que exista un control imparcial respecto al agua distribuida en el sistema. | Aforo en Yalquincha y canales principales. |
| Recambio generacional en agricultura | Programas de inserción de jóvenes en agricultura, que puedan efectuarse en colegios técnicos y que sean financiados por la minería. A través de esta iniciativa se espera contribuir a viabilizar la agricultura, incorporando a las nuevas generaciones, las que actualmente optan por otros rubros económicos. A la vez, la mano de obra joven es vista como un apoyo necesario a un mundo agrícola envejecido. | Oasis de Calama |

**CUADRO 3.3.5.2-1**
**SISTEMATIZACIÓN DE NECESIDADES E INICIATIVAS EMERGENTES EN REUNION CON ASOCIACIÓN DE AGRICULTORES DE CALAMA**

| Necesidad | Iniciativa | Sector |
|---|---|---|
| Resguardar áreas rurales de oasis de Calama | Plan regulador que no continúe sosteniendo el crecimiento de la ciudad de Calama a partir de la pérdida de territorios agrícolas. Aquella iniciativa tiene que ver con la actual disputa en torno a los límites que debiera instaurar el Plan Regulador para el territorio rural. Al respecto, la asociación indígena de Calama plantea que el sector rural debiera llegar hasta calle Pedro de Valdivia y no hasta la calle Yarur. | Oasis de Calama |
| Mejorar calidad de Agua | Más allá de las iniciativas específicas que se establezcan, existe el interés en que las soluciones adoptadas puedan favorecer a las comunidades completas y no solo a usuarios individuales (por ejemplo, trabajando a nivel de canal). Se señala que el mayor problema de las plantas de tratamiento tiene que ver con el tratamiento del rechazo y desechos y que su gestión puede verse favorecida si se implementan soluciones a nivel comunitario. Se plantea a la vez que la mejora de la calidad de agua tiene que venir acompañada de una mayor disponibilidad hídrica, que apoye el suministro de los agricultores. | Oasis de Calama |
| Recuperar tierras agrícolas con aguas de mejor calidad | Desvíos en sectores contaminados del rio Salado para evitar contaminación de las aguas. Otra iniciativa conducente a contar con más y mejor agua tiene que ver con fomentar el uso de aguas desalinizadas en la minería, que permita liberar aguas desde el rio loa para los agricultores. Se señala que la agricultura de Calama debe recuperar al menos parte de sus antiguos territorios y que CODELCO debiera jugar un rol más activo en el apoyo a los pequeños agricultores. | Río Salado, Oasis de Calama. |

Fuente: Elaboración propia a partir de discusión grupal.

Como se aprecia en la sistematización del trabajo grupal, en las expectativas de los asistentes conviven iniciativas de infraestructura hídrica (plantas de tratamiento o mejoras de canales) con otras vinculadas a la planificación territorial o a los modelos de relacionamiento de las empresas mineras. En su conjunto, y aunque evidentemente muchas de ellas no corresponden al ámbito de acción de la CNR, estas dan cuenta de los múltiples problemas que actualmente afectan a la agricultura del oasis de Calama. La Fotografía 3.3.5.2-4 contiene algunas fotografías de la actividad.

**FOTOGRAFÍA 3.3.5.2-4**
**FOTOGRAFÍAS REUNIÓN ASAC**

Fuente: Equipo Consultor.

### *Reunión Comunidad Atacameña de Lasana*

La reunión con la Comunidad Atacameña de Lasana se llevó a cabo el miércoles 29 de marzo de 2017, en la sede social del pueblo. Asistieron 16 personas, lo que se evidencia en el listado de asistencia presentado en el Anexo 3-12.

El coordinador del estudio y profesionales de la consultora efectuaron la presentación de los resultados obtenidos por el estudio. Los asistentes manifestaron su satisfacción con la actividad desde un comienzo pues, según lo señalado, estudios anteriores que se habían efectuado en la localidad no habían comunicado sus resultados a la comunidad.

Durante la presentación, las preguntas de los asistentes estuvieron ligadas principalmente a aspectos técnicos vinculados a los resultados del estudio. Así, por ejemplo, existió interés en saber si había parámetros de calidad de agua que se encontraran fuera de la norma de riego, por las causas atribuibles a aquella situación o por la afectación esperable sobre los cultivos.

Los asistentes señalaron también que con las lluvias estivales se produjeron crecidas del río Loa, las que afectaron a una serie de canales, dañando o rompiendo sus bocatomas, llevando arena a los canales, etc. Es por ello que el catastro de canales efectuado previo a tal evento quedó desactualizado. Aquella contingencia captó buena parte del interés de los asistentes, pues evidentemente su principal prioridad pasó a ser el poder reparar los canales que quedaron inutilizados y que impiden o al menos limitan el desarrollo agrícola. Según se

señaló, esta situación afecta a canales como el San Antonio y el Buen Retiro. Otros canales, como el Pona o Los Perales presentan frecuentes problemas con las bocatomas frente al cíclico evento de las crecidas de verano. Existe una cierta resignación frente a aquello, entendiendo que se trata de un evento natural, pese a lo cual existe la expectativa de que una mejor operación del tranque Conchi podría disminuir los efectos negativos que no se restringen tan solo a los canales de riego, sino que también afectan, por ejemplo, a la conectividad vial.

Algunas de las consideraciones generales que los asistentes entregaron a modo de contextualización de las principales problemáticas territoriales que afectan a la agricultura tuvieron que ver con la progresiva escasez hídrica (la que achacan principalmente a la utilización del recurso por parte de la industria minera) o a la dificultad que la economía local tiene para ofrecer alternativas de vida a los jóvenes, la mayor parte de los cuales emigra buscando otras alternativas laborales, produciéndose con ello un claro envejecimiento poblacional y una disminución de la productividad agrícola.

Existe un cierto pesimismo respecto a las reales posibilidades de mejorar la calidad de las aguas de Lasana, situación que tampoco parece ser sentida como la mayor de las prioridades, poniéndose en esa categoría a la infraestructura de los canales de riego (quizás en esa categorización influye el hecho que esta última problemática sea mucho más tangible que la primera). Desde este tipo de consideraciones comenzó a desarrollarse la segunda parte de la reunión destinada, como se ha dicho, al levantamiento de prioridades e iniciativas que la comunidad considerara pertinentes para abordar las que fueran reconocidas como las principales dificultades para el desarrollo agrícola en el territorio. Todo aquello queda reflejado en el Cuadro 3.3.5.2-2 en el que, como se ve, la mayor parte de las iniciativas tienen que ver con el interés de mejorar la infraestructura hídrica.

Desde el diálogo generado vale destacar dos elementos que resultaron de interés para el estudio. En primer lugar, el que la tecnificación del riego se ve dificultada debido a la mala calidad del agua, no habiendo constituido hasta ahora una experiencia exitosa. En segundo lugar, los asistentes plantearon que la producción en invernaderos tampoco estaba dando los resultados esperados, pues la calidad de los cultivos allí producidos sería muy inferior a la que se obtiene al aire libre. Cabe señalar, eso sí, que sobre este último punto existieron diagnósticos diferenciados. La Fotografía 3.3.5.2-1 contiene algunas fotografías de la reunión.

**FOTOGRAFÍA 3.3.5.2-5**
**FOTOGRAFÍAS REUNIÓN COMUNIDAD ATACAMEÑA DE LASANA**

Fuente: Equipo Consultor.

**CUADRO 3.3.5.2-2**
**SISTEMATIZACIÓN DE NECESIDADES E INICIATIVAS EMERGENTES EN REUNION CON COMUNIDAD ATACAMEÑA DE LASANA**

| Necesidad | Iniciativa | Sector |
|---|---|---|
| Mejorar Infraestructura Hídrica | Limpieza de canales con maquinarias luego de las crecidas, pues estos ven afectadas sus bocatomas y comienzos de canal, imposibilitando o dificultando el riego en plena temporada. | Canal Buen Retiro y Canal San Antonio |
| | Canalizar la parte final del canal Pona, pues existe un desnivel en ese sector. | Canal Pona |
| | Despejar canales y arreglo de bocatomas luego de las crecidas. Sacar arena con maquinarias. | Sector Quichira |
| | Defensa en bocatoma de canal Los Perales. | Canal Los Perales |
| | Defensa de bocatoma de canal, la que se encuentra a nivel del rio. | Canal San Antonio |
| | Invertir en acumuladores de agua | Lasana |
| Mejorar Gestión Hídrica | Mejorar gestión durante las crecidas del embalse Conchi, pues estas afectan a toda la localidad de Lasana (incluyendo su infraestructura hídrica) | Embalse Conchi |
| | Mejorar coordinación entre regantes, para que los turnos de noche sean tomados por quienes riegan praderas a través de riego tendido. Actualmente, en distintos sectores, los coleros de los canales no alcanzan a recibir el agua correspondiente (situación ejemplificada con la situación del canal Pona) | Lasana, canal Pona. |

Fuente: Elaboración propia a partir de discusión grupal.

***Reunión Asociación de Regantes de Chiu Chiu***

La reunión con la Asociación de Regantes de Chiu Chiu se llevó a cabo el viernes 12 de mayo de 2017 en la sede social del pueblo. Asistieron 6 dirigentes de cada uno de los canales del pueblo, lo que se expresa en el listado de asistencia presentado en el Anexo 3-13.

El jefe de proyecto y otros profesionales de la consultora realizaron la presentación de los resultados, enfocándose en los resultados existentes para Chiu Chiu los que comparativamente a otros territorios bajo estudio, no presentan índices tan negativos en lo referente a la calidad de las aguas. Pese a ello, y dado que muchos de los parámetros bajo análisis se encontraban sobre los parámetros fijados por la Norma Chilena para Riego, varios de los comentarios de los asistentes estuvieron marcados por una cierta preocupación.

Al mismo tiempo, los resultados no fueron sorpresivos para los regantes, los que ya habían efectuado análisis anteriores. Entendiendo que la mala calidad del agua es uno de los factores que más incide en los rendimientos de los cultivos, algunos de los asistentes plantearon que la producción de zanahorias ha disminuido notoriamente y que la calidad del producto también, lo que evidentemente afecta a los productores y, con ello, la sostenibilidad del desarrollo agrícola sobre el que se sustenta parte importante de la economía local.

Las intervenciones de los asistentes hicieron ver que la mala calidad de las aguas les ha hecho perder oportunidades de negocios con empresas relevantes y que por tanto debiese avanzarse de manera prioritaria en inversiones que permitan ciertas mejoras. Junto a este planteamiento volvió a aparecer una crítica recurrente, la que tiene que ver con el que, ya existiendo claridad respecto a las necesidades agrícolas de la zona, debiesen generarse soluciones concretas mediante inversiones del Estado.

Junto al problema de la calidad de las aguas, de productividad y de calidad de los productos, se mencionaron dificultades para el riego asociadas a los déficits de infraestructura de acumulación y conducción y a la plaga de alternaría como las otras principales problemáticas que afectan a la agricultura del sector. Como era esperable, todos los elementos hasta ahora mencionados constituyeron los elementos centrales en la construcción participativa de iniciativas que se desarrolló en la segunda parte de la reunión, lo que se expresa en el Cuadro 3.3.5.2-3. En tanto, la Fotografía 3.3.5.2-6 contiene algunas fotografías de la reunión.

Los malos parámetros que presentó la calidad de las aguas fueron atribuidos por los agricultores tanto a la actividad minera como a fenómenos naturales. Entre los acuerdos adoptados en la reunión se cuentan el efectuar una nueva presentación con los resultados finales del estudio y entregar a los regantes los análisis oficiales de calidad de aguas efectuados por los laboratorios.

**CUADRO 3.3.5.2-3**
**SISTEMATIZACIÓN DE NECESIDADES E INICIATIVAS EMERGENTES EN REUNION CON ASOCIACIÓN DE REGANTES DE CHIU CHIU**

| Necesidad | Iniciativa | Sector |
|---|---|---|
| Mejorar Calidad de Aguas | Desalinizadora de filtros de agua en canales, plantas de tratamiento. | Canales de Chiu Chiu |
| | Prioridad es mejorar calidad de aguas para abrir oportunidades a agricultores. | Chiu Chiu |
| Mejorar Infraestructura de Acumulación | Tranque comunitario en canales La Banda y Grande que permitan mejorar acumulación de recurso. | Canal La Banda y Canal Grande |
| | Botaderos en tranque de canal Grande. | Canal Grande |
| Mejorar Infraestructura de Conducción | Reparar desnivel existente en canales El Pueblo y Grande, que dificultan labores de riego. | Canal El Pueblo y Canal Grande |
| | Mejorar bocatoma en canal La Banda, pues en ciertos momentos del año no se puede regar. | Canal La Banda |
| | Revestir último tramo de canal La Banda. | Canal La Banda |
| | Mantención compuerta de 3 canales. En este punto se plantea que la recepción de la obra debiera recaer tanto en la DOH como en los propios agricultores, pues han tenido problemas recurrentes con antiguos contratistas. | Canales Chiu Chiu |
| | Muro peralte en canal Grande, porque al arreglar el camino se tapa el canal | Canal Grande |

Fuente: Elaboración propia a partir de discusión grupal.

**FOTOGRAFÍA 3.3.5.2-6**
**FOTOGRAFÍAS REUNIÓN ASOCIACIÓN DE REGANTES DE CHIU CHIU**

Fuente: Equipo Consultor.

### 3.3.5.3. Segunda Ronda de Reuniones de Presentación de Resultados

En diciembre del 2017 se efectuó la segunda ronda de reuniones con comunidades, cuyo objetivo fue presentar los resultados finales del estudio y dar respuesta a las inquietudes existente. A continuación, se sistematizan los principales resultados obtenidos en cada una de las reuniones efectuadas.

***Reunión Comisión Regional de Riego***

La reunión con la CRR se llevó a cabo el 12 de diciembre de 2017 y luego de efectuada la presentación de rigor, los asistentes efectuaron diversos comentarios. Entre ellos, destacó la intervención de la representante de INDAP, quien, además de señalar la necesidad de que los invernaderos proyectados se adapten a las condiciones climáticas de la zona, planteó que en Chiu Chiu hay muchos agricultores dispuestos a innovar y a trabajar con hidroponía. En esa comunidad existe una tradición hortícola más consolidada y que, de mejorarse la calidad de las aguas, INDAP podría efectuar inversiones en invernaderos e hidroponía. Planteó además que la experiencia de Alto La Portada, desarrollada en Antofagasta, ha sido muy exitosa.

Los asistentes solicitaron también construir una visión estratégica para el territorio, en la que se dé cuenta de los problemas identificados y de las soluciones propuestas por el estudio. Se espera que ella sea distribuida entre los servicios y al nuevo intendente regional, para evaluar, por ejemplo, el intentar declarar la zona como una zona extrema u otra opción que pueda facilitar futuras inversiones como las propuestas por el estudio.

***Reunión Asociación de Agricultores de Calama***

La reunión se llevó a cabo el 11 de diciembre de 2017. La lista de asistencia se presenta en el Anexo 3-14, mientras que la Fotografía 3.3.5.3-1 contiene algunas fotografías de la actividad.

Las intervenciones de los asistentes versaron sobre diversas temáticas, las que intentan ser resumidas en la siguiente enumeración.

- Interés en saber si pueden efectuarse obras en el rio Salado que permitan mejorar la calidad de sus aguas (desvíos en zonas de contaminación)

- Exposición de las dificultades que actualmente significa mantener la productividad agrícola y llamado a que el Estado entregue el apoyo suficiente para sostener la actividad.

- Exposición del empeoramiento progresivo de la actividad y comparación con el caso del deterioro agrícola de Quillagua.

- Necesidad de un recambio generacional en la agricultura (desinterés de nuevas generaciones dada poca rentabilidad del rubro).

- Incomodidad debido a lo demoroso que puede resultar transformar suelos del sector. Esos tiempos no están acorde a la sensación de urgencia atribuida a los problemas.

- Alegato por poca cantidad de agua que reciben agricultores y porque actualmente riegan con aguas, fundamentalmente, del rio Salado.

- Incomodidad respecto al cambio paradigmático propuesto por el estudio (Hidroponía). Defensa de los cultivos tradicionales y de la tradición agrícola de la zona.

- Defensa de que el interés de los agricultores es tan solo recibir más agua en temporada de riego y no cambiar el tipo de productos cultivados. Para ello, se aboga por el privilegiar el uso agrícola del agua (por sobre el minero) y por mejoras en la red de conducción.

- Posturas a favor de las innovaciones sugeridas, en un contexto que señala la necesidad de transformaciones importantes para hacer sostenible la actividad.

- Agradecimientos por entrega de resultados del estudio, el que señala, refuerza la capacidad futura de los agricultores para plantear sus demandas a las autoridades.

**FOTOGRAFÍA 3.3.5.3-1**
**FOTOGRAFÍAS REUNIÓN ASAC**

Fuente: Equipo Consultor.

***Reunión Comunidad Atacameña de Lasana***

La segunda reunión con la comunidad de Lasana se llevó a cabo el 13 de diciembre de 2017. La lista de asistencia se presenta en el Anexo 3-15. Luego de efectuada la presentación, las preguntas de los asistentes tuvieron que ver con los orígenes de la contaminación del agua, en el entendido que antaño el agua del rio Loa era de buena calidad e incluso era utilizada para el consumo humano.

Se señaló además que, si bien la situación en Lasana no es tan dramática como la existente en Calama, se deben tomar medidas anticipadas. Plantearon que muchos agricultores de Chu Chiu han tenido problemas con sus tierras y han empezado a producir en Lasana, existiendo el temor que la situación empeore a futuro. Una experiencia interesante tuvo que ver con un asistente que declaró haber tenido invernaderos con buena producción, pero que tuvo que darlos de baja pues no había mano de obra disponible para las necesidades que éstos tenían. Ese es un desafio que probablemente tendrán que enfrentar las plantas de tratamiento propuestas por el presente estudio. La Fotografía 3.3.5.3-2 contiene algunas fotografías de la reunión.

**FOTOGRAFÍA 3.3.5.3-2**
**FOTOGRAFÍAS REUNIÓN COMUNIDAD ATACAMEÑA DE LASANA**
Fuente: Equipo Consultor.

***Reunión Asociación de Regantes de Chiu Chiu***

La reunión con la Asociación de Regantes de Chiu Chiu se realizó el 12 de diciembre de 2017. El listado de asistencia se presenta en el Anexo 3-16. Luego de la presentación realizada, las preguntas de los asistentes estuvieron dirigidas a cuestiones relativas al manejo agrícola, a las potenciales consecuencias de los altos niveles de boro en el agua y a las causas posibles de la situación diagnosticada.

Muchos de ellos manifestaron evidente interés por las innovaciones sugeridas por el estudio, ello desde el diagnóstico que solo una mejora en la calidad de las aguas de riego viabilizará el futuro agrícola del sector. Empero, plantearon que en anteriores estudios se les sugería arreglar la tierra, escenario distinto al planteado por el presente proyecto. La Fotografía 3.3.5.3-3 contiene algunas fotografías del evento.

**FOTOGRAFÍA 3.3.5.3-3**
**FOTOGRAFÍAS REUNIÓN ASOCIACIÓN DE REGANTES DE CHIU CHIU**
Fuente: Equipo Consultor.

## 3.3.6. Matriz de Actores Relevantes

Las actividades de relacionamiento comunitario desarrolladas permiten contar con un acercamiento a las posiciones de los distintos actores en relación al estudio, a sus grados de influencia, a sus relaciones, entre otros elementos que pueden ser relevantes a la hora de desarrollar futuros estudios en el sector. Es por ello que, el Cuadro 3.3.6-1 contiene una elaboración respecto a la matriz de actores relevantes, desarrollada principalmente a partir de los argumentos levantados desde las entrevistas efectuadas.

**CUADRO 3.3.6-1**
**MATRIZ DE ANÁLISIS DE ACTORES RELEVANTES**

| Actor | Descripción | Posición | Argumento explícito | Argumento implícito | Influencia | Relación entre actores |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Asociación de Agricultores de Calama (ASAC)** | Es una asociación gremial que reúne a un importante número de agricultores del Oasis de Calama, y que busca impulsar el desarrollo productivo y las demandas del gremio a través de diversas iniciativas. | Favorable, con observaciones. | Tienen un interés moderado en el estudio, aun cuando en un principio primó la desconfianza hacia el mismo.<br>Si bien estudiar y proponer alternativas de mejora en lo que respecta a la calidad del suelo y agua les parece interesante, la directiva tiene otras prioridades y, a raíz de experiencias anteriores, pone en cuestión los beneficios concretos que pueden venir asociados a los estudios. | En parte importante de su directiva existe una desconfianza evidente hacia el aparato público, por lo que consideran un relegamiento de la actividad agrícola en lo que respecta a las iniciativas de desarrollo impulsadas en Calama. Su mayor interés radica en que se declaren agotadas las napas subterráneas, para que no se sigan otorgando derechos de aguas. | Alta, pues la organización representa a buena parte de los agricultores de Calama y posee vínculos con distintas reparticiones públicas y privadas. | Se relaciona con la directiva de los canales en Calama, con instituciones públicas como la DOH, la CNR, La SEREMI de Agricultura y con organismos privados como Fundación Chile o Minera Lomas Bayas. |
| **Comunidad Atacameña de Toconce** | Es la comunidad Atacameña, reconocida por la Ley 19.253, de la localidad de Toconce. | Favorable, con observaciones. | El presidente saliente de la comunidad evalúa con interés las posibilidades abiertas por el estudio, pues la comunidad presenta ciertos inconvenientes en cuanto a su desarrollo agrícola. | El momento eleccionario en que se encuentra la comunidad hizo imposible que esta se sumara al estudio, pese al interés manifestado por el presidente saliente. Los plazos del estudio y del proceso electoral no permitieron su inclusión en el estudio. | Media, pues la dirigencia tiene alta influencia interna, pero su relacionamiento con otras comunidades e instituciones es menor. | Tiene relaciones con instituciones como la CONADI o el Municipio. Se relaciona con la comunidad de Caspana a partir de la gestión turística de los Geyser del Tatio y con el resto de las comunidades del sector desde la participación en el ADI Alto El Loa, aunque últimamente su participación ha sido menor. |
| **Comunidad Atacameña de Lasana** | Es la comunidad Atacameña, reconocida por la Ley 19.253, de la localidad de Lasana. | Favorable, con observaciones. | Ve el proyecto como una oportunidad para la comunidad, pues existen temores fundados. | El presidente de la Comunidad de Lasana tiene vocación de construir alianzas y atraer proyectos e inversiones a la localidad, siempre y cuando estos respondan a los intereses de los pobladores y exista transparencia en la devolución de información. | Media, pues la dirigencia tiene alta influencia interna, pero su relacionamiento con otras comunidades e instituciones es menor. | Tiene relaciones con instituciones como la CONADI o el Municipio. Se relaciona con las comunidades del sector desde la participación en el ADI Alto El Loa, aunque últimamente su participación ha sido menor. También tiene relación con algunas empresas mineras que presentan financiamientos para sus proyectos. |
| **Comunidad Atacameña de Caspana** | Es la comunidad Atacameña, reconocida por la Ley 19.253, de la localidad de Caspana. | Desfavorable. | La Comunidad manifiesta su desconfianza hacia el accionar del Estado, especialmente en lo referente a la temática hídrica. Plantean que no tienen interés en proyectos que no hayan sido solicitados explícitamente por ellos, por lo que no se sumarán al presente estudio. Aquella desconfianza se ve acrecentada dado lo que es evaluado como una deficiente materialización de los proyectos. | Existe una desconfianza hacia el Estado y un discurso reivindicativo de los derechos de los pueblos indígenas y de la necesidad de que estos participen desde la génesis de las políticas públicas a implementar en sus territorios. | La Comunidad es el órgano soberano del poblado, por lo que su influencia interna es absoluta. En lo que respecta al exterior de la comunidad, su influencia radica en sus relaciones con distintas comunidades indígenas, grupos de interés y organismos | Tiene relaciones con instituciones como la CONADI o el Municipio. Se relaciona con la comunidad de Toconce a partir de la gestión turística de los Geyser del Tatio y con el resto de las comunidades del sector desde la participación en el ADI Alto El Loa. |

**CUADRO 3.3.6-1**
**MATRIZ DE ANÁLISIS DE ACTORES RELEVANTES**

| Actor | Descripción | Posición | Argumento explícito | Argumento implícito | Influencia | Relación entre actores |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Comunidad Atacameña de Ayquina - Turi** | Es la comunidad Atacameña, reconocida por la Ley 19.253, de las localidades de Ayquina, Turi y Paniri. | A favor en cuanto se considere el desarrollo de la agricultura en la comunidad de Ayquina, Turi y Paniri. | La agricultura se ha visto mermada considerablemente por la disminución de la disponibilidad de agua, la que se encuentra asociada a la actividad minera en la zona y en menor medida al efecto del cambio climático. Han visto que las vegas de Turi han ido disminuyendo y que los pueblos se ven enormemente afectados. Día a día se siente el efecto de la disminución del agua en los pueblos y las captaciones de agua de las mineras y la sanitaria siguen siendo las mismas. | Les interesa desarrollar un proyecto para aprovechar las aguas de las vertientes Chañaral y Arsipi, para riego y agua potable, llevando el agua desde el afloramiento de las vertientes al estanque grande. También les interesa saber si el agua del río Salado es apta para riego. | Alta, ya que es en el territorio ancestral de la comunidad indígena que se emplaza el sitio de embalse Turi. | Se relacionan directamente con CONADI, INDAP, CNR y la I.M. de Calama. |
| **Comunidad Atacameña de Chiu Chiu** | Es la comunidad Atacameña, reconocida por la Ley 19.253, de la localidad de San Francisco de Chiu Chiu. | Favorable, con observaciones | Existe desconfianza hacia el accionar del Estado y Consultoras y señalan que comunidad ha sido instrumentalizada en intervenciones anteriores, que no han tenido resultados concretos. | No presentan un interés inicial por el estudio, pero luego de diversas gestiones y compromisos adoptados, se muestran dispuestos a ser partícipes del mismo. | Media, pues la comunidad representa a los agricultores del sector, aun cuando, hacia afuera de las fronteras comunitarias, su grado de influencia es menor. | Tiene relaciones con distintos organismos públicos y, a través del Consejo Alto el Loa, con el resto de las comunidades indígenas del territorio. |
| **Comunidad Sumac Llajta** | Comunidad Quechua emplazada en el periurbano de Calama y que tiene interés en iniciar actividades agrícolas. | Favorable, con observaciones. | La Comunidad está interesada en temática, pues tienen interés en desarrollar actividades agrícolas. Cuentan con Derechos de Agua Comunitarios y un canal construido, pero un problema con el punto de captación ha retrasado su proyecto. Tal interés convive con un cierto descontento respecto a la escasa consideración que dicen haber recibido por parte del Estado. | Tienen interés en participar y en conocer la calidad de sus suelos y aguas para impulsar la agricultura en un futuro próximo, pero tal interés convive con una desconfianza instalada respecto a las políticas desarrolladas por el Estado. | Bajo, pues se trata de una comunidad pequeña y de relativa reciente formación. A la vez, al estar emplazada en la ciudad de Calama, no pertenece a la ADI Alto El Loa. | Tiene relaciones con distintos organismos públicos, como CONADI o el Ministerio de Bienes Nacionales. |
| **Fundación Chile** | Es una fundación que, financiada por la minera Lomas Bayas, efectúa una serie de proyectos de fomentos al desarrollo agro productivo. | Favorable | Observa positivamente todos los proyectos de inversión que puedan favorecer a la agricultura de Calama, considerando las dificultades existentes para su desarrollo. | La mejor alternativa para dar viabilidad a la actividad agrícola es apostar por la innovación y el desarrollo de una agricultura intensiva, que permita superar las restricciones de suelos y agua que existen. | Media-Alta, pues en Calama mantienen un vínculo permanente con dirigentes de una serie de canales. | Se relaciona principalmente con la ASAC y, a través de ella, con las dirigencias de varios de los canales más relevantes de Calama. |
| **Convenio ProLoa - PRODESAL** | Programa que busca mejorar la producción agrícola y ganadera de los pequeños productores agrícolas a través de asesoría técnica y fondos de inversión. | Favorable. | Su experiencia de trabajo con pequeños agricultores hace evidente que uno de los mayores problemas que enfrenta la actividad tiene que ver con la calidad del agua y suelos, por lo que proyectos que contribuyan a mejorar las condiciones actuales son bien valorados. | La agricultura en el oasis de Calama se encuentra presionada por diversos factores estructurales, lo que hace que los agricultores deban desarrollar grandes esfuerzos para mantener la agricultura. | Media-Alta, en tanto se relaciona con diversos actores, tanto institucionales como agricultores. | Se relaciona con pequeños campesinos a través de PRODESAL y con instituciones del mundo privado que son parte de la Corporación ProLoa (minera El Abra, entre otras).<br>También tiene vínculos con las comunidades indígenas, por el trabajo desarrollado por medio del PDTI. |

**CUADRO 3.3.6-1**
**MATRIZ DE ANÁLISIS DE ACTORES RELEVANTES**

| Actor | Descripción | Posición | Argumento explícito | Argumento implícito | Influencia | Relación entre actores |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **INDAP Regional** | Instituto dependiente del Ministerio de Agricultura que promueve el desarrollo económico, social y tecnológico de pequeños agricultores. | Favorable. | La mala calidad del agua implica que los agricultores deban desarrollar grandes esfuerzos para hacer sostenible la actividad. | Valora el estudio, aun cuando ya han existido iniciativas para mejorar la calidad del agua a través de plantas que no han logrado consolidarse. Se debe evaluar dichas intervenciones para que las inversiones futuras sean apropiadas. | Media Alta, en tanto tiene una importante presencia en la provincia en relación a temáticas agrícolas. | Se relaciona con grupos de campesinos a través de los distintos programas de INDAP. A la vez, en Calama participa de la mesa Oasis de Calama y en el Alto Loa, se relaciona con las comunidades principalmente a través del ADI Alto El Loa. |
| **DOH Provincial** | Dirección del Ministerio de Obras Públicas que debe proporcionar servicios de infraestructura hidráulica en el país. | Neutra. | Señala que la mejor manera de mejorar la calidad de agua de riego en el Oasis de Calama es a través de un embalse de control de crecidas en el río Salado y realizar una programación entre las entregas de ese embalse y el embalse Conchi. Este último puede cambiar su programa de operación en la medida que cumpla con la entrega de DAA. | Ve en el proyecto una opción de mejorar situación de agricultores de Calama, con quienes la DOH tiene una relación compleja debido a la administración que realiza del embalse Conchi. Considera que una planta de tratamiento en el río Salado puede ser muy cara en su mantención para que sea sostenida por los agricultores. | Media-Alta, en tanto juega un papel importante en la administración del embalse Conchi. | La relación con los agricultores es complicada, pues éstos no tienen una buena opinión sobre la labor que realiza la DOH en la administración del embalse, responsabilizándola por la falta de agua. |
| **SEREMI Agricultura** | Institución encargada de fomentar la actividad silvo agropecuaria en la región de Antofagasta. | Favorable. | Considera que el factor que más afecta las potencialidades de desarrollo agrícola en el oasis de Calama tiene que ver con la mala calidad del agua, por lo que la posibilidad de determinar los sectores en los que pudiera estar generando este problema resulta interesante. | Las expectativas frente al estudio son diferenciadas en lo que concierne a los agricultores de Calama y las comunidades indígenas del Alto Loa. Así, mientras que para los primeros la posibilidad de construir un embalse en el río Salado puede resultar muy atractiva, para los segundos `puede ser vista en tanto amenaza. Ello implica una potencial amenaza y obliga a un adecuado manejo de las expectativas. | Alta, en tanto se trata de un ministerio íntimamente relacionado a la temática en estudio y a distintas organizaciones indígenas y de agricultores. | Participa en distintas instancias de articulación institucional y, además, de la "Mesa Oasis de Calama", en la que se reúnen agricultores y organismos públicos a debatir sobre contingencias y temáticas de interés. |
| **CONADI Regional** | Es la institución que debe impulsar la acción del Estado para favorecer el desarrollo integral de comunidades indígenas. Se vincula con la temática de riego a partir de inversiones en las comunidades que, en algunos casos, complementan los concursos de la CNR, financiando parte del aporte propio que deben aportar los postulantes. | Favorable. | La agricultura enfrenta un escenario complejo, y las comunidades indígenas se ven presionadas por diversos factores que desfavorecen el desarrollo agrícola. En ese sentido, valora el proyecto aun cuando advierte que deberá enfrentar un ánimo comunitario marcado por la desilusión y desconfianza hacia las instituciones públicas. | Existen ciertas tensiones con las comunidades, las que esperan un trato diferente por parte del Estado, por ejemplo, a través de la implementación del Convenio 169 en aquellos proyectos que afectan sus territorios. | Media-Alta, en tanto se relaciona con comunidades indígenas e instituciones públicas del área de estudio. | Se relaciona con las distintas comunidades indígenas del área de estudio, con las que la relación es compleja, debido a que la mayor parte de ellas se encuentran desilusionadas de la labor que realizan los servicios públicos. |

Fuente: Elaboración propia.

## 3.4. Conclusiones

Para finalizar el capítulo se presenta un análisis crítico del proceso de participación ciudadana desarrollado. Junto a ello, se establecen una serie de recomendaciones y sugerencias que pueden ser consideradas en caso de, que las líneas de acción sugeridas por el estudio se desarrollen en futuros proyectos.

El desafío de intervenir para potenciar la actividad agrícola en el área de estudio es de gran envergadura. No se trata sólo de mejorar la mala calidad de las aguas y suelos existente en la mayor parte de los sectores analizados, sino que, en términos socio territoriales, se trata de afrontar una serie de dinámicas instaladas que tienen que ver con desconfianzas sociales hacia la actuación del Estado, insuficientes inversiones públicas, debilidades históricas en las relaciones interculturales, convivencia compleja entre actores que aspiran a un mismo recurso escaso, relaciones asimétricas de poder, consolidación de ciclos de estancamiento productivo en el sector agrícola, entre otros.

En este acápite –a modo de conclusiones- se profundiza acerca de estas temáticas, con la intención de entregar luces respecto a los desafíos que seguramente emergerán una vez se avance en las líneas de acción sugeridas. Se espera, a la vez, que estos aprendizajes ayuden a construir estrategias de relacionamiento comunitario que mejoren la calidad de los proyectos y su capacidad de "hacer sentido" a los potenciales beneficiados.

El proceso participativo desarrollado tuvo como primer desafío el lograr involucrar a las distintas comunidades al proyecto, esto desde una doble premisa: por un lado, porque solo su incorporación daría factibilidad a los múltiples trabajos de terreno que debían efectuarse; por el otro, debido a que ellos son quienes mejor conocen sus realidades y su involucramiento permitiría dotar al estudio de mayor pertinencia territorial y legitimación social.

Este desafío enfrentó un escenario complejo, pues se hizo presente una extendida desconfianza entre las comunidades hacia el accionar del Estado. Tal situación obligó a adoptar una serie de compromisos para poder viabilizar el proyecto, siendo la devolución de los resultados a las comunidades una de las exigencias frecuentes de los dirigentes. Tales acuerdos fueron los que posibilitaron la concreción de los trabajos de terreno y la participación de la mayor parte de las comunidades en el estudio. Las excepciones, como ya se ha señalado, estuvieron dadas por las comunidades de Caspana y de Toconce.

Gracias a estos acuerdos iniciales pudieron concretarse una serie de entrevistas y reuniones comunitarias en los distintos territorios que componen el área de estudio. Por medio de tales instrumentos se pudo levantar información territorial relevante para el diagnóstico, conocer proyectos actualmente presentes, así como las expectativas, desafíos y posicionamientos respecto al estudio y al futuro agrícola esperado para la región. Las páginas

que siguen presentan algunos de los principales elementos emergentes desde el proceso de participación ciudadana efectuado, entre los que se incluyen temáticas identitarias, económicas y sociales las que, se considera, se encuentran fuertemente arraigadas en el territorio y que por tanto deberán ser valoradas a la hora de diseñar las futuras intervenciones propuestas. Para facilitar la exposición, los distintos puntos se presentan esquemáticamente a continuación.

- **Agotamiento del Sistema Agrícola:** Desde una perspectiva temporal amplia, parece evidente que las últimas décadas han consolidado un agotamiento del sistema agrícola en la comuna de Calama, el que hasta hace un tiempo atrás constituía el elemento clave en la configuración socioeconómica del territorio. Claramente hoy es la actividad minera la que impulsa la economía regional (y nacional), relegando a la agricultura a un lugar bastante marginal. Dadas sus características, **la minería ha desarrollado necesariamente una relación compleja con el mundo agrícola**, pugnando con él no solo en lo que respecta a los derechos de agua, sino que también en relación a la utilización de mano de obra. En ambos casos, se trata de una relación asimétrica, en la que una actividad tan intensa en capital como la minería tiene mejores posibilidades que la agricultura de satisfacer sus necesidades productivas. La complejidad de la relación viene dada, por ejemplo, por el hecho de que muchos agricultores mantienen un lazo de cierta dependencia con la gran minería, ya sea porque se vinculan laboralmente con ella[8] o porque son apoyados por sus programas de asesoría[9]. Así, se ha construido una relación conflictiva, pero también de dependencia.

  La conflictividad de la relación emergió en los discursos de varios dirigentes y asistentes a reuniones. La minería era frecuentemente responsabilizada de la escasez de agua o de la contaminación de la misma (siendo el tranque Talabre el mayor objeto de sospechas), factores claves para entender la mala situación en que se encuentra la agricultura en la actualidad. Frente a tal diagnóstico social, que hace que los agricultores se sientan víctimas del desarrollo minero, es que algunos dirigentes apelaron a que en el futuro exista un “royalty minero” que esté destinado a potenciar la actividad agrícola (aludiendo con ello a una lógica de la compensación y a la mantención del oasis como un polo que favorece una mejor calidad del aire y del paisaje).

[8]La dedicación a tareas agrícolas y mineras es un rasgo distintivo entre muchos de los agricultores del territorio, diferenciándose así de las figuras convencionales de agricultores con dedicación exclusiva. Esta situación es quizás más evidente en el oasis de Calama.

[9] Destaca en este respecto el Programa de apoyo de la Fundación Chile, con financiamiento de la minera Lomas Bayas.

Hoy en día, especialmente en Calama, la agricultura difícilmente se presenta con la fortaleza suficiente para sustentar la vida de los agricultores. En función de los discursos emergentes durante el proceso participativo, en muchos casos quienes siguen manteniendo la actividad son **agricultores envejecidos**, con una mirada *"romántica"* que les impulsa a persistir en su actividad pese a las múltiples dificultades que deben enfrentar y a la escasa rentabilidad económica del rubro. Este "*romanticismo",* o apego a las tradiciones, permite la preservación de la actividad en un contexto de evidente dificultad, pero difícilmente entrega bases sólidas para garantizar la sostenibilidad futura de la misma. Prueba de ello es el que las **nuevas generaciones prefieren vincularse a actividades económicas de mayor dinamismo económico**.

La mala calidad del agua y el suelo, el envejecimiento poblacional, lo reducido de las posibilidades de cultivos, las mejores perspectivas económicas en rubros como la minería o los servicios hacen que el **desafío de romper con el ciclo de estancamiento económico agrícola sea uno de gran envergadura.** En ese contexto, parece claro que, sin una intervención decidida desde el Estado y el mundo privado, la sostenibilidad futura del mundo agrícola se ve muy limitada.

- **Despoblamiento:** Entre las comunidades del ADI Alto El Loa, que por lo general cuentan con una mejor situación en lo que respecta a calidad de suelos y aguas, la realidad agrícola también está definida por la precariedad y por el retroceso permanente de la actividad. Como se expuso en el informe, actualmente la mayor cantidad de la población indígena de la región habita en áreas urbanas, siendo esa configuración fruto de procesos decimonónicos y del siglo XX que estimularon la migración indígena a Calama o Chuquicamata, ciudades en las que los indígenas pasaron a engrosar las filas de obreros que eran demandados por las faenas mineras e industriales del sector (Sanhueza y Gundermann, 2007). Este proceso de asalaramiento fue modificando progresivamente las bases del sustento económico de las comunidades, haciendo retroceder a una tradición agrícola que se encontraba consolidada desde tiempos precolombinos.

  Fruto de ello es que actualmente muchas comunidades están constituidas, principalmente, por población envejecida, produciéndose un despoblamiento que, en lo que a este proyecto se refiere, plantea el desafío de conseguir establecer condiciones de trabajo lo suficientemente atractivas para suplir la escasez de mano de obra que, según muchos de los entrevistados, define actualmente la situación productiva de la zona. En ese sentido, aun siendo evidente la envergadura del desafío, el potenciar la rentabilidad económica de la actividad agrícola en las comunidades indígenas favorecería la generación

de una base material capaz de otorgar cierto dinamismo social en los territorios indígenas, potenciando al mismo tiempo una actividad ancestral. Evidentemente, tal objetivo dependerá también de una serie de otros factores que alienten el desarrollo territorial.

- **Lo Sistémico y lo Sectorial. Dificultades para el Diálogo Sociedad Civil/Estado**: Durante el diálogo efectuado con las comunidades se hizo evidente una cierta tensión respecto a los universos discursivos que sostienen los relatos de los actores sociales y al ordenamiento que guía la acción del Estado. Así, mientras los primeros se establecen desde una mirada sistémica de las problemáticas que afectan a las comunidades, el segundo se posiciona desde una lógica eminentemente sectorial.

  Tal distinción no es menor, pues pese a los esfuerzos desplegados por acotar las discusiones al marco posible de acción de la CNR, los actores sociales entienden las dinámicas de sus territorios desde una perspectiva general, en la que confluyen elementos tan diversos como la relación con la gran minería, el ordenamiento urbano o el envejecimiento poblacional, aspectos que superan con creces los alcances del presente estudio. Asimismo, en lo que respecta a los pueblos indígenas, junto a las demandas "clásicas" (tierras y aguas), emergen asuntos de avanzada modernidad, referidos a la autonomía, el gobierno del territorio, el reconocimiento o la representación.

  Toda esa complejidad contrasta con el abordaje eminentemente sectorial que el Estado despliega en sus acciones, lo que deja muchas de las demandas existentes sin canalización posible y contribuye, posiblemente, a construir la sensación que el Estado no es capaz de resolver las demandas efectivas de las comunidades.

- **Lógicas de Desconfianza:** Como se señaló anteriormente, uno de los hallazgos principales del proceso tuvo que ver con la existencia de una extendida desconfianza hacia la acción del Estado. En términos generales, ésta encuentra sus fundamentos en lo que fue evaluado por distintos dirigentes comunitarios como un abandono estatal respecto a las comunidades indígenas y agrícolas del sector, las que han visto retroceder sus formas de vida frente al avance de la minería y de lo urbano, sin que existan suficientes inversiones públicas que ayuden a hacer sostenible el futuro agrícola.

  La desconfianza también se ve nutrida por lo que se considera una priorización de los intereses mineros por sobre los agrícolas. Desde la mirada de muchos agricultores, el territorio se ha constituido en una suerte de "zona de sacrificio", en el que sus habitantes no observan mayores inversiones. Con ello

se exacerba la sensación de que los beneficios de la actividad minera no contribuyen del todo al desarrollo regional y, menos aún, a la actividad agrícola.

Sumado a esto, los procesos que han acompañado la implementación de los instrumentos de planificación territorial comunal, especialmente en el Oasis de Calama, parecen no haber puesto mayor atención en las demandas del sector agrícola, pues sus dirigentes manifiestan que las mejores tierras han sido absorbidas por la ciudad de Calama, cuyo crecimiento tensiona también la gestión de los canales de riego. Otro fundamento para la desconfianza tiene que ver con la no devolución de los resultados de anteriores estudios a las comunidades (las que demandan una mayor incidencia y transparencia en la ejecución de las políticas públicas) y la no materialización de los mismos en inversiones concretas en los territorios. De ahí que los futuros proyectos a realizarse deban, necesariamente, incluir un componente participativo que ayude a que las personas se sientan involucrados y participes de los proyectos de desarrollo impulsados y no como meros "beneficiaros pasivos" de los mismos.

- **Continuidad y Cambio. Desafíos en la Relación Cultura-Desarrollo:** Los resultados del estudio señalan que, dada la condición de los suelos y las aguas, se hace necesario un cambio paradigmático que oriente la actividad agrícola hacia la hidroponía y a la utilización de invernaderos, valiéndose para ello de plantas de tratamiento de aguas. De esta forma, se señala, podría viabilizarse el futuro agrícola en el territorio. Modelos como "Altos de la Portada" muestran que existe potencial para la innovación, pero, a diferencia de los agricultores antofagastinos, la comuna de Calama posee una vasta tradición agrícola, por lo que el establecimiento de nuevos patrones de cultivo significa el reemplazo de una tradición y de un "saber hacer" que ha acompañado a los agricultores de la zona por varias generaciones**. En este sentido, el desafío futuro estará dado por poder ir introduciendo progresivamente las innovaciones tecnológicas, sin menoscabar la producción tradicional y las prácticas agrícolas existentes, las que permiten aprovechar el conocimiento de los agricultores.**

  Esta conciliación entre tradición e innovación o, si se quiere, entre cultura y desarrollo, no es una tarea sencilla. La población de agricultores, como ya se ha señalado, es una bastante envejecida, lo que supone que su aversión al cambio sea mayor. A la vez, una máxima de la antropología política señala que aquellas sociedades que ven amenazadas sus formas de vida suelen cerrarse en torno a sus tradiciones, volviéndose más reticentes al cambio cultural y a las influencias externas. De ahí que no resulte extraño que en varias reuniones

algunos asistentes manifestaran su incomodidad con las transformaciones sugeridas y reivindicaran su agricultura ancestral.

Asimismo, muchas de las demandas que los agricultores efectuaban en las reuniones tenían que ver con sus problemáticas concretas y más cotidianas (infraestructura de conducción o contención, cantidad de agua, entre otras), no emergiendo espontáneamente un interés por la calidad del suelo o las aguas. De ahí que el reto de los proyectos futuros esté dado también por efectuar una labor pedagógica (o si se quiere, de convencimiento), y que se establezcan planes pilotos, que puedan ir construyendo las condiciones (materiales y no materiales) capaces de sostener el nuevo paradigma propuesto. En este sentido, y tomando en cuenta que las labores agrícolas son una parte relevante de la identidad indígena en la región, vuelve a hacerse importante el componente participativo y dialógico que acompañe a los proyectos a impulsar. Sobre aquello versa el últimos de los puntos a tratar en este acápite.

- **Pueblos Indígenas y Convenio 169:** Como se ha venido señalando a lo largo del capítulo, la población indígena tiene un peso específico relevante en el mundo agrícola dentro del área de estudio. Ello es evidente en el caso de las comunidades pertenecientes al ADI Alto El Loa, pero también entre los agricultores del Oasis de Calama se aprecia una importante presencia indígena. Por tanto, cualquier intervención en el territorio implica considerar esta realidad sociocultural dentro del marco de la actual legislación vigente, particularmente en lo referente al Convenio 169, vigente en Chile desde el año 2009.

  Dicha normativa establece, entre otros asuntos, el derecho a la Consulta y a la participación de los pueblos indígenas cada vez que se prevean medidas legislativas o administrativas susceptibles de afectarles directamente, siendo ello una obligación de los órganos del Estado. Como ya se expuso a lo largo del capítulo, la efectuación de la Consulta debe cumplir con una serie de requisitos que no la hacen homologable con otros procesos participativos que el Estado pueda efectuar al alero de la Ley 20.500.

  Todos estos elementos obligan a problematizar respecto a la relación que las iniciativas proyectadas por el presente estudio deberán cimentar con los pueblos indígenas. Los escenarios evaluados en el proyecto contenían iniciativas de distinta envergadura y con impactos diferenciados en el territorio. Así, por ejemplo, parece evidente que en el caso que se decida avanzar con el embalse Turi se hará necesaria la efectuación de un proceso de Consulta, tal y como se recomendaba en el Estudio de Prefactibilidad

"Alternativas de Obras de Regulación y Control de Crecidas en la Hoya del Río Salado, Región de Antofagasta", desarrollado por la DOH.

Sin embargo, las iniciativas que resultaron más interesantes (en términos de rentabilidad y de su capacidad para romper el estancamiento productivo) tienen que ver con la construcción de plantas de tratamiento de aguas y el desarrollo de hidroponía o cultivo en invernaderos, proyectos cuyo nivel de impacto es mucho más reducido. De ahí que haya que preguntarse por la necesidad, o no, de implementar procesos de Consulta para dichos proyectos. Para obtener una respuesta, la clave está dada por dos elementos principales:

- Lo señalado en el Decreto Supremo 40 (DS/40), que establece el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). En distintos artículos del Decreto se numeran los criterios para proceder a la Consulta y determinar si existe Susceptibilidad de Afectación Directa (SAD) a los Pueblos Indígenas. Al respecto, plantea que en los casos en que un proyecto requiera una Evaluación de Impacto Ambiental para su aprobación, deberá realizar una Consulta, omitiendo así aquellos casos que solo requieran de una Declaración de Impacto Ambiental. Si bien esta diferenciación aporta claridad, su origen es considerado espurio por muchas organizaciones indígenas y defensores de derechos indígenas, principalmente por tratarse de una norma que no habría sido desarrollada adecuadamente bajo los estándares participativos del Convenio, por limitar la procedencia de la Consulta previa solo a aquellos casos de alto impacto y por conceder la determinación de la SAD a la discrecionalidad de la autoridad.

- La determinación de la SAD, concepto a través del cual el Convenio intenta establecer la manera en que un pueblo indígena puede verse potencialmente afectado por algún proyecto de desarrollo y evaluar la procedencia o no de una Consulta Indígena. A diferencia de lo que hace el DS/40, el Convenio 169 no distingue entre medidas que producen mayor o menor afectación para efectos de la procedencia de la Consulta, siendo el criterio rector la afectación directa y no la gravedad o el tipo de la misma. Siguiendo este criterio, las propias organizaciones indígenas (y no tan solo la autoridad administrativa) debiesen tener un rol relevante a la hora de definir si se sienten o no afectados por un determinado proyecto.

De lo anterior se desprende que, si bien en términos formales (guiados por el DS/40), no debiese ser necesaria la aplicación de la Consulta, el criterio de SAD referido en el Convenio plantea un panorama algo distinto. A priori, emergen

dos elementos que pudieran, al menos, hacer a la afectación a pueblos indígenas motivo de discusión:

- Las transformaciones en las técnicas productivas tradicionales que supone el cambio paradigmático propuesto por el estudio (plantas de tratamiento e hidroponía), los que vienen a modificar prácticas ancestrales de cultivos que son partes constituyentes de la identidad indígena.

- La necesidad de establecer nuevas organizaciones para la gestión del riego (considerando que las plantas de tratamiento involucrarían a 8 o 10 agricultores cada una), lo que implicaría introducir un elemento organizacional novedoso y alejado de las organizaciones tradicionales indígenas.

Así, si bien en una primera instancia pudiera evaluarse que no existe la necesidad de una Consulta Indígena asociada a los proyectos de las plantas de tratamiento, debiera al menos considerarse la efectuación de conversaciones previas a través de las cuales pueda conocerse la opinión de las comunidades al respecto, privilegiando para ello el diálogo con sus organizaciones representativas de base ancestral. Entendiendo la Consulta en tanto proceso (iniciado con la determinación participativa de la SAD), será el diálogo preliminar con las comunidades indígenas el que debería señalar los caminos a recorrer. El proceso de consulta, al igual que lo anteriormente planteado, debiera formar parte de un diálogo permanente del Estado con los pueblos indígenas, para que éstos, a través de sus organizaciones representativas, participen en mesas de planificación (y no solo de negociación) que alienten su acceso a la toma de decisiones en torno a sus territorios y a los proyectos que ahí se implementen.

- **Desafíos Futuros:** En función de todo lo analizado, se plantean aquí los que se consideran son algunos de los principales desafíos que los proyectos derivados del presente estudio deberán venir a enfrentar. En primer lugar, vinculado a la relación con los Pueblos Indígenas del sector, parece necesario que el Estado sea capaz de avanzar hacia la construcción de una relación de mayor cercanía con las comunidades, enfrentando así una realidad que habla, como se ha dicho, de una extendida desconfianza. La inclusión temprana y permanente de las comunidades en los proyectos desarrollistas, la consideración de sus autoridades tradicionales y un tratamiento adecuado en relación al Convenio 169 y a la determinación de la SAD pueden ser pasos claves en esa dirección. Entre la población de agricultores no indígenas (oasis de Calama), que comparte los resquemores hacia la acción del Estado y ha consolidado una

sensación de “abandono” y “relegamiento”, también parece ser necesario establecer mejores canales de comunicación y apoyo.

En segundo lugar, dada la envergadura de la problemática agrícola detectada y al desafío que implica intentar dar cuenta de ella, es evidente que se requiere un esfuerzo multisectorial que involucre a distintos servicios públicos especializados (CONADI, INDAP, DGA, GORE, DOH, Municipalidad, entre otros) y que permita efectuar un necesario abordaje sistémico y con un enfoque territorial.

En tercer lugar, dada la magnitud del cambio propuesto sobre prácticas agrícolas consolidadas hace años, emerge la necesidad de acompañar las eventuales inversiones con una capacitación permanente que permita a los agricultores sobrellevar el período de adaptación que requerirán para adquirir los nuevos conocimientos agro productivos.

En cuarto lugar, se deberán buscar fórmulas que permitan conciliar la agricultura tradicional con la hidropónica, por ejemplo, a través de proyectos piloto. La relevancia de esto no está dada solo por la necesidad de avanzar con cautela en la implementación de las nuevas tecnologías, sino que pues las prácticas agrícolas tradicionales son parte estructurante de la identidad indígena y habrá quienes se resistan a efectuar las transformaciones propuestas. Incluso, en el caso de las comunidades del ADI Alto El Loa, y desde un punto de vista estrictamente económico, puede plantearse que la agricultura tradicional (por ejemplo, en terrazas), es un elemento que otorga valor turístico al territorio, lo que hace poco recomendable su total relegamiento.

En quinto lugar, también parece aconsejable tomar todas las medidas necesarias para apoyar una respuesta temprana a eventuales inconvenientes que puedan surgir con las plantas de tratamiento y que pongan en riesgo su operación (y con ello, los cultivos desarrollados); el dotar de los insumos necesarios para que los agricultores puedan operar y mantener estas plantas de tratamiento, además de poder contar con la asistencia técnica, siendo todo esto necesario para lograr un funcionamiento continuo.

# CAPÍTULO 4

# CATASTRO Y MUESTREO DE CALIDAD DE AGUAS

# 4. CATASTRO Y MUESTREO DE CALIDAD DE AGUAS

## 4.1. Introducción

El objetivo de este capítulo es presentar una evaluación de la calidad de los recursos hídricos utilizados para el riego en el área de estudio. Con este fin, se realizó una revisión de antecedentes bibliográficos relevantes, se analizaron los datos históricos de las estaciones DGA seleccionadas y se realizaron dos muestreos de la calidad del agua en puntos relevantes del área de estudio a través de análisis de laboratorio y muestreos *in situ*.

## 4.2. Análisis de Antecedentes de Estudios Anteriores y Datos Históricos DGA

### 4.2.1. Análisis de Antecedentes de Estudios Anteriores

#### 4.2.1.1. Norma Chilena 1.333 de Calidad de Aguas

La Norma Chilena Oficial Nº 1.333/78 (NCh 1.333) fue aprobada por D.S. MOP Nº 867/78 y fija los límites máximos para los diferentes parámetros considerados como requisito en función del uso dado. En su título "Requisitos para Agua destinada a Regadío" se establecen los estándares para aguas de regadío y los estándares para conductividad específica y sólidos disueltos totales en aguas de regadío. Estos valores se presentan en los Cuadros 4.2.1.1-1 y 4.2.1.1-2.

**CUADRO 4.2.1.1-1**
**LÍMITES MÁXIMOS ADMISIBLES EN PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO, NCH 1.333**

| Parámetro | Unidad | Símbolo | Límite Máximo |
|---|---|---|---|
| pH | Unidad | pH | 5,5-9,0 |
| Aluminio | mg/L | Al | 5,00 |
| Arsénico | mg/L | As | 0,10 |
| Bario | mg/L | Ba | 4,00 |
| Berilio | mg/L | Be | 0,10 |
| Boro | mg/L | B | 0,75 |
| Cadmio | mg/L | Cd | 0,01 |
| Cianuro | mg/L | CN | 0,20 |
| Cloruro | mg/L | Cl- | 200,00 |
| Cobalto | mg/L | Co | 0,05 |
| Cobre | mg/L | Cu | 0,20 |
| Cromo | mg/L | Cr | 0,10 (1) |
| Fierro | mg/L | Fe | 5,00 |
| Fluoruros | mg/L | | 1,00 |
| Litio | mg/L | Li | 2,50 |
| Litio (cítricos) | mg/L | Li | 0,075 |

**CUADRO 4.2.1.1-1**
**LÍMITES MÁXIMOS ADMISIBLES EN PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO, NCH 1.333**

| Parámetro | Unidad | Símbolo | Límite Máximo |
|---|---|---|---|
| Manganeso | mg/L | Mn | 0,20 |
| Mercurio | mg/L | Hg | 0,001 |
| Molibdeno | mg/L | Mo | 0,01 |
| Níquel | mg/L | Ni | 0,20 |
| Plata | mg/L | Ag | 0,20 |
| Plomo | mg/L | Pb | 5,00 |
| Selenio | mg/L | Se | 0,02 |
| Sodio Porcentual | % | Na | 35,00 |
| Sulfatos | mg/L | $SO_4$ | 250,00 |
| Vanadio | mg/L | Va | 0,10 |
| Zinc | mg/L | Zn | 2,00 |
| Coliformes Fecales | NMP/100 mL | | 1.000 |

(1): En aguas de riesgo destinadas a verduras y frutas que se desarrollan a ras del suelo y que habitualmente se consumen en estado crudo.

Fuente: NCh 1.333.

**CUADRO 4.2.1.1-2**
**ESTÁNDARES PARA CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES EN AGUAS DE REGADÍO, NCH 1.333**

| Clasificación | Conductividad Específica (c) (µmhos/cm a 25 °C) | Sólidos Disueltos Totales, (mg/L a 105 °C) |
|---|---|---|
| Agua con la cual generalmente no se observarán efectos perjudiciales | $c \leq 750$ | $s \leq 500$ |
| Agua que puede tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles | $750 < c \leq 1\,500$ | $500 < s \leq 1\,000$ |
| Agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita de métodos de manejo cuidadosos | $1\,500 < c \leq 3\,000$ | $1\,000 < s \leq 2\,000$ |
| Agua que puede ser usada para plantas tolerantes en suelos permeables con métodos de manejo cuidadosos | $3\,000 < c \leq 7\,500$ | $2\,000 < s \leq 5\,000$ |

Fuente: NCh 1.333.

### 4.2.1.2. Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad: Cuenca del Río Loa

El año 2004 la DGA realizó el estudio de Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad para la cuenca del río Loa, cuya finalidad fue definir la propuesta técnica de asignación de la calidad objetivo para los cursos y cuerpos de agua prioritarios del país.

En este estudio se realiza una recopilación de información y caracterización de la cuenca, se elabora una base de datos de información fluviométrica, se estudian los usos del agua, se realiza un análisis y procesamiento de la información de la calidad del agua, se evalúa la calidad actual y natural de los cursos superficiales y los factores incidentes de contaminación y se proponen clases objetivo, como resultado final del estudio. Las clases objetivo propuestas en el estudio se presentan en la Figura 4.2.1.2-1.

Para el caso del presente estudio, se utilizaron especialmente los datos analizados de calidad de aguas para los parámetros estudiados, los que serán comparados en el análisis territorial. De esta manera, las normas de calidad secundarias asociadas a los usos prioritarios deberán considerar las clases de calidad que a continuación se indican:

- **Excepcional**: Indica un agua de mejor calidad que la clase 1, que por su extraordinaria pureza y escasez, forma parte única del patrimonio ambiental de la República. Esta calidad es adecuada también para la conservación de las comunidades acuáticas y demás usos definidos cuyos requerimientos de calidad sean inferiores a esta clase.

- **Clase 1:** Muy buena calidad. Indica un agua apta para la protección y conservación de las comunidades acuáticas, para el riego irrestricto y para los usos comprendidos en las clases 2 y 3.

- **Clase 2:** Buena calidad. Indica un agua apta para el desarrollo de la acuicultura, de la pesca deportiva y recreativa, y para los usos comprendidos en la clase 3.

- **Clase 3:** Regular calidad. Indica un agua adecuada para bebida de animales y para riego restringido.

Las clases de calidad comprendidas entre la Clase Excepcional y la Clase 3, son aptas para la captación de agua para potabilizarla, según el tratamiento que se utilice.

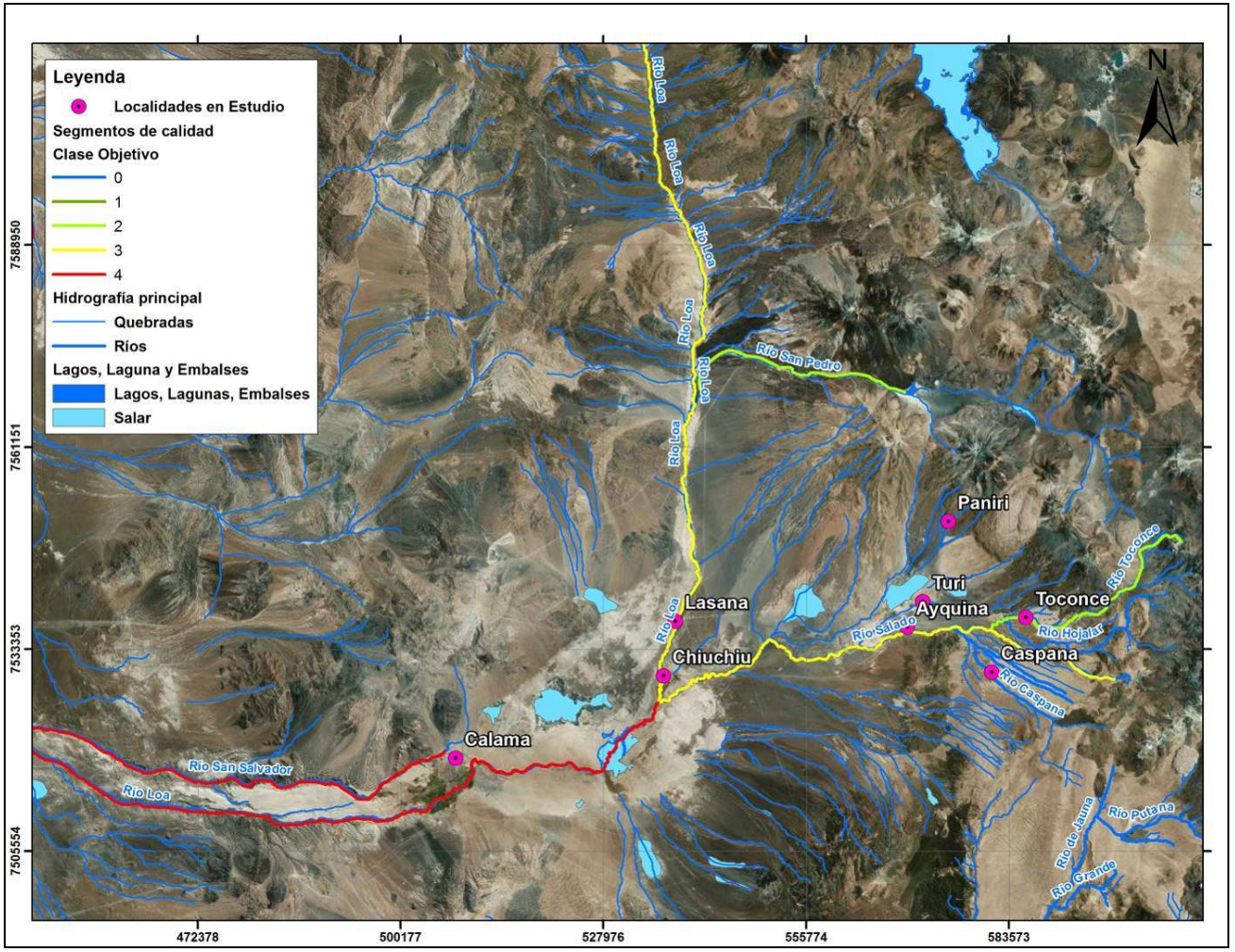



**FIGURA 4.2.1.2-1**
**CLASES OBJETIVO PROPUESTAS ESTUDIO DGA 2004**

Fuente: Elaboración propia en base a información DGA, 2004.

Las aguas que excedan los límites establecidos para la clase 3, indicarán agua de mala calidad (Clase 4), no adecuada para la conservación de las comunidades acuáticas ni para los usos prioritarios, sin perjuicio de su utilización en potabilización con tratamiento apropiado o uso industrial.

### 4.2.1.3. Otros Antecedentes

El año 2009 la DGA efectuó el estudio Diagnóstico y Clasificación de Sectores Acuíferos con el objetivo de desarrollar una metodología que permita caracterizar sectores acuíferos en cuanto a la calidad química, que esta metodología fuese aplicable en distintas cuencas, de manera que se pudieran establecer y validar instrumentos de protección de acuíferos. Dentro de los acuíferos estudiados se encuentra el sector acuífero El Loa.

Los resultados se presentan en la Figura 4.2.1.3-1, la que no resulta muy clara. Teniendo como referencia las coordenadas de la figura, ésta pudo georeferenciarse en formato Raster. Se sobrepuso la imagen sobre una imagen satelital, lo que permitió ubicar sobre la figura la ciudad de Calama y los pueblos de Chiu Chiu, Lasana y Ayquina, lo que se presenta en la Figura 4.2.1.3-2.

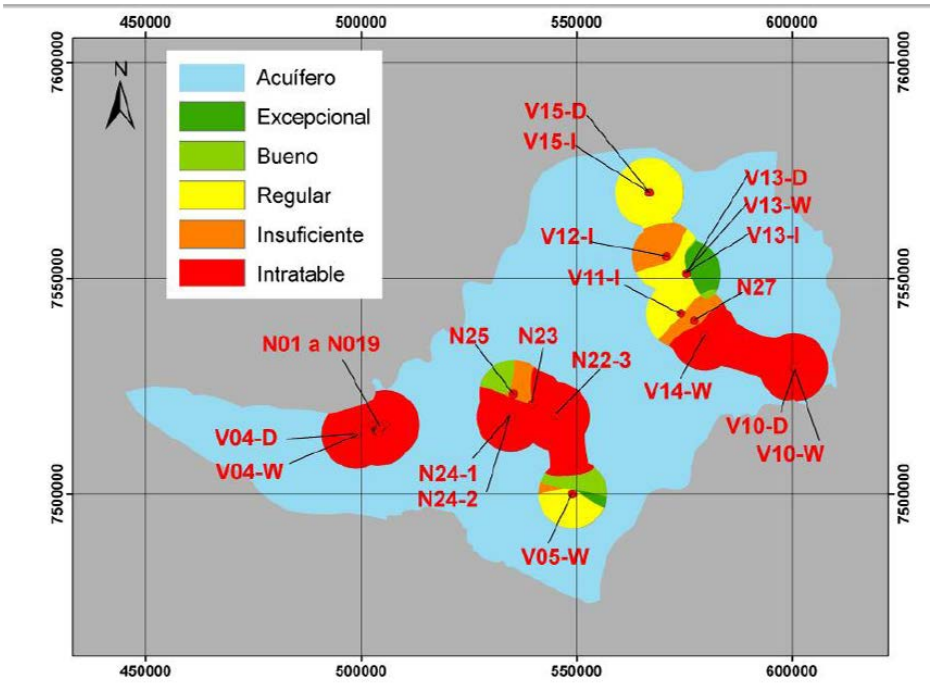



**FIGURA 4.2.1.3-1**
**ÍNDICE DE CALIDAD GENERAL PARA EL SECTOR ACUÍFERO EL LOA**

Fuente: DGA, 2009.

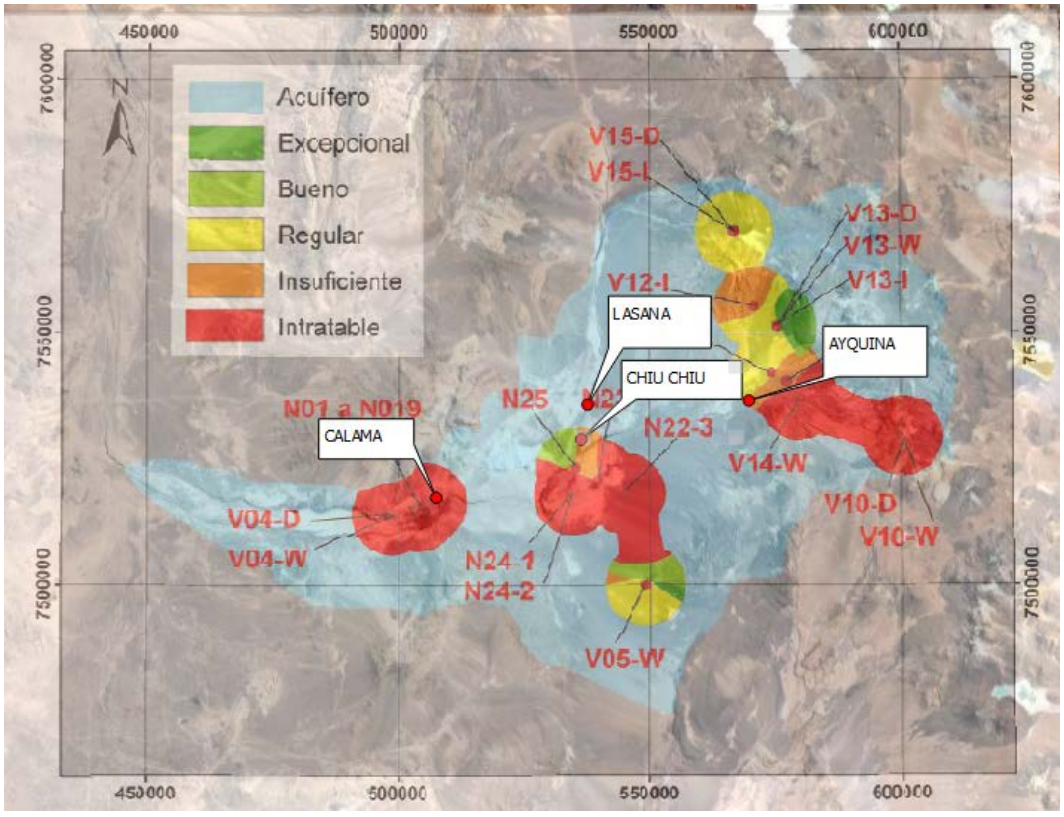



**FIGURA 4.2.1.3-2**
**ÍNDICE DE CALIDAD GENERAL PARA EL SECTOR ACUÍFERO EL LOA GEOREFERENCIADO**

Fuente: Elaboración propia a partir de DGA, 2009.

Este proceso permitió observar que las aguas del acuífero ubicado en la ciudad de Calama posee aguas que se clasificaron como “intratables”, a diferencia de aquellos acuíferos ubicados en los sectores de los pueblos, no existiendo una clasificación en el caso de Lasana, siendo “insuficiente” en el caso de Chiu Chiu y “regular” en el caso de Ayquina.

Se debe señalar que el estudio tiene algunas limitaciones debido a la escasez de datos disponibles, por lo que se consideró adecuado que cada pozo o dato disponible es representativo de 200 km².

La distribución espacial del Índice de Calidad (IC) muestra claramente el efecto de aumento natural de la concentración, en el sector oriental del acuífero, donde se alcanzan altas concentraciones de As, Cl y Sólidos Disueltos Totales (SDT), producto de la actividad volcánica en el sector del Tatio. Por otra parte en el sector nororiente se observa una calidad mejor del agua debido a que se está cerca de las zonas de recarga del sistema acuífero. Finalmente el sector poniente presenta mala calidad, que puede ser el reflejo de la mezcla de efectos naturales y antrópicos, dada su ubicación cercana a un centro urbano (DGA, 2009).

El estudio concluye que las aguas subterráneas son de mala calidad, especialmente debido a los altos niveles de SDT, Cl y As. Tanto el Cl como el SDT tienen un origen natural producto de condiciones hidrogeoquímicas del acuífero. Mientras que el arsénico tendría un origen mixto, es decir, natural y antrópico.

### 4.2.2. Datos Históricos DGA

#### 4.2.2.1. Aspectos Generales

Para conocer la evolución de los parámetros de interés en la cuenca, se cuenta con información histórica de las estaciones de calidad química de aguas ubicadas en el área de estudio, la que fue obtenida a partir de los registros oficiales en línea presentes en la página web de la DGA.

Las estaciones de calidad de aguas en que se realiza el análisis de datos históricos, corresponde a las siguientes estaciones:

- Río Loa antes junta río Salado
- Río Loa en Yalquincha
- Río Loa en salida Embalse Conchi
- Río Toconce antes Represa Sendos
- Río Salado en Sifón Ayquina
- Río Loa en Finca

El detalle de los registros analizados se presenta en el Cuadro 4.2.2.1-1.

**CUADRO 4.2.2.1-1**
**Nº DE REGISTROS Y PERIODO ANALIZADO**

| Nº | ESTACIONES DE MEDICIÓN | Año Registro | | Nº Monitoreos |
|---|---|---|---|---|
| | | Primer | Último | |
| 1 | Río Loa en Salida Embalse Conchi | 1978 | 2015 | 80 |
| 2 | Río Loa Antes Junta Río Salado | 1960 | 2015 | 77 |
| 3 | Río Loa en Yalquincha | 1964 | 2015 | 91 |
| 4 | Río Loa en Finca | 1978 | 1996 | 33 |
| 5 | Río Salado en Sifon Ayquina | 1985 | 2015 | 84 |
| 6 | Río Toconce antes Represa Sendos | 1981 | 2015 | 83 |

Fuente: Elaboración propia, basado en información DGA.

La ubicación de las estaciones se presenta en la Figura 4.2.2.1-1. Para cada grupo de datos se establecen los valores máximos, mínimos y promedio para los siguientes parámetros:

- Boro
- Mercurio
- Molibdeno
- Cadmio
- Arsénico
- Plomo
- Cloruro
- Conductividad eléctrica
- pH
- Sulfatos

La base de datos analizada se encuentra en el Anexo 4-1.

Para cada una de las estaciones se presenta un diagrama de Stiff modificado, que consiste en diagramar los valores promedio de los cationes en el lado izquierdo del eje y los valores promedio de los aniones del lado derecho. Los extremos de los trazos representan los valores de las concentraciones de los 6 iones, formando un polígono, que busca representar el equilibro entre los cationes y los aniones.

También se realiza un análisis gráfico que permite visualizar la cantidad de veces que el valor promedio de los parámetros supera la norma, para aquellos en que más del 50% de los valores superan la norma para riego.

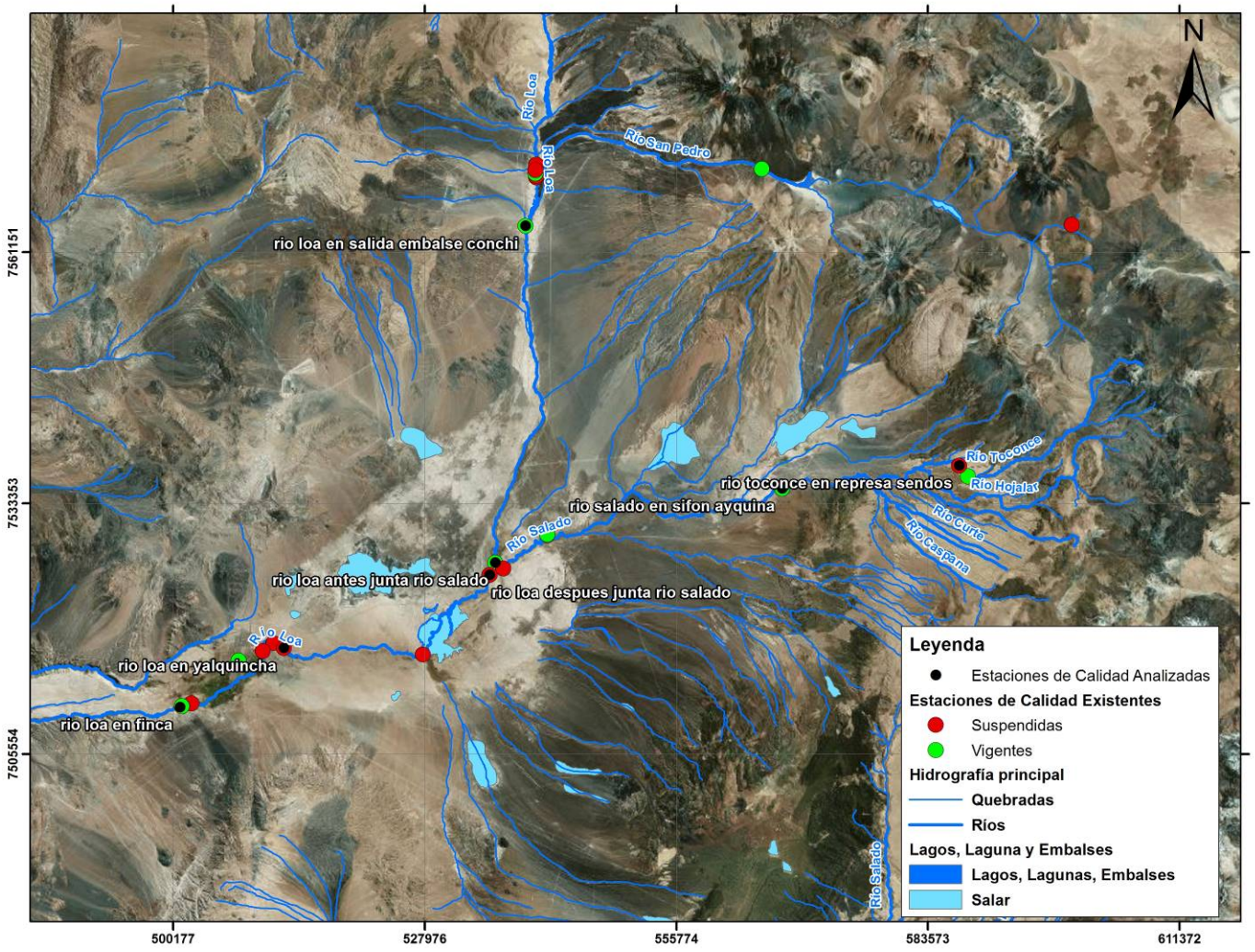



**FIGURA 4.2.2.1-1**
**UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DGA ANALIZADAS EN EL ESTUDIO**

Fuente: Elaboración propia a partir de información DGA.

4.2.2.2. Río Loa en Salida Embalse Conchi

La estación BNA 02104002-9 se encuentra ubicada en las coordenadas 22° 01' 40'' S y 68° 37' 15'' W, a una altitud de 2.950 msnm.

Para la estación se estudió la serie histórica, de ésta se seleccionó un resumen de los parámetros normados de mayor relevancia, los que se presentan en el Cuadro 4.2.2.2-1.

**CUADRO 4.2.2.2-1**
**RESUMEN PARÁMETROS DE CALIDAD ESTACIÓN RÍO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI**

| Parámetro | Nº datos | Mínimo | Promedio | Máximo | Valor Normado | Cantidad de datos que supera la norma | % de datos que supera norma | Cantidad de veces que el valor promedio supera norma |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Arsénico** | 76 | 0,001 | 0,207 | 0,386 | 0,100 | 70 | 92,1 | 2,1 |
| **Boro** | 66 | 2,82 | 7,60 | 13,32 | 0,75 | 66’ | 100,0 | 10,1 |
| **CE** | 80 | 1271 | 2756 | 4448 | 7500 | 0 | 0,0 | - |
| **Cloruro** | 68 | 313 | 621 | 1893 | 200 | 68 | 100,0 | 3,1 |
| **Mercurio** | 46 | 0,001 | 0,001 | 0,006 | 0,001 | 8* | 17,4 | - |
| **Molibdeno** | 45 | 0,01 | 0,03 | 0,05 | 0,01 | 30** | 66,7 | 3,2 |
| **pH** | 80 | 6,2 | 8,0 | 11,7 | 5,5-9,0 | 3 | 3,8 | - |
| **Sulfato** | 62 | 100,0 | 192,2 | 260,0 | 250,0 | 2 | 3,2 | - |

* Desde el año 2013 el límite de detección es superior al valor normado. 5 de los datos se encuentran en esta situación.
** Desde el año 2005 el límite de detección es superior al valor normado. 23 de los datos se encuentran en esta situación.

Fuente: Elaboración propia según antecedentes DGA.

Los parámetros que superan la norma en más de un 50% de los casos son arsénico, boro, cloruro y molibdeno.

Para el arsénico, se observa que el valor promedio supera el valor normado y que un 92% de los valores supera la norma.

Para el caso del boro, se observa que incluso el valor mínimo supera el valor normado, siendo superada la norma en el 100% de los casos.

El cloruro medido supera el valor normado en el 100% de los casos, incluyendo el valor mínimo.

Los datos de molibdeno superan en un 66,7% la norma, pero desde el año 2005 el límite de detección analizado es superior al valor normado, debiendo considerarse el error que eso podría significar.

En el Gráfico 4.2.2.2-1 se presenta un diagrama de Stiff modificado, que muestra que las aguas son cloradas sódicas. En el Gráfico 4.2.2.2-2 se muestra la cantidad de veces que el valor promedio de los parámetros supera la norma, pudiendo visualizar que el arsénico supera dos veces la norma, el boro es superado 10 veces respecto de la norma, el cloruro y el molibdeno en más de dos veces.

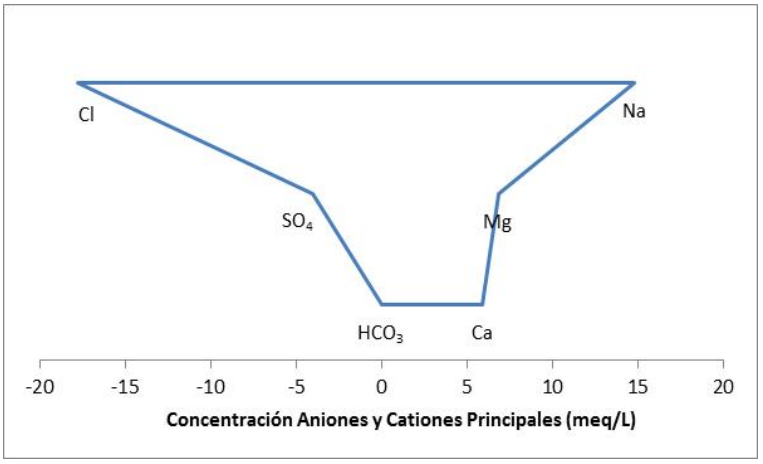



**GRÁFICO 4.2.2.2-1**
**DIAGRAMA STIFF MODIFICADO**

Fuente: Elaboración propia según antecedentes DGA.

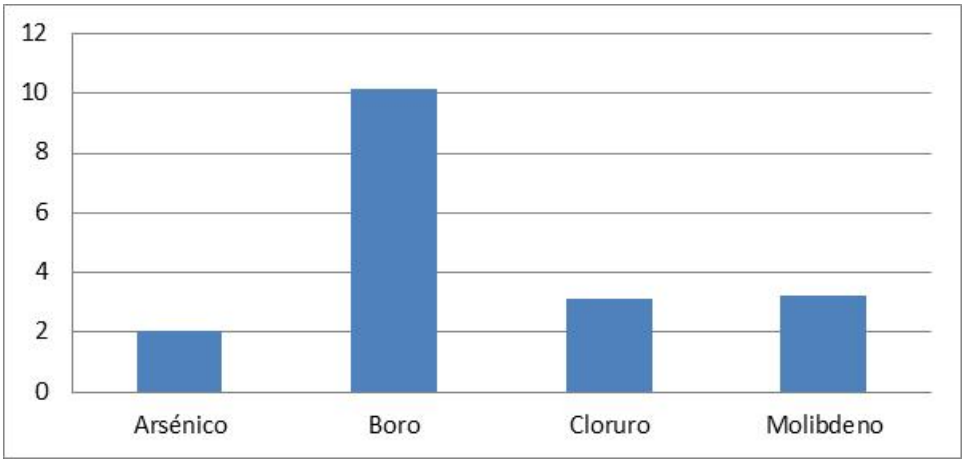



**GRÁFICO 4.2.2.2-2**
**CANTIDAD DE VECES QUE EL VALOR PROMEDIO SUPERA LA NORMA**

Fuente: Elaboración propia según antecedentes DGA.

### 4.2.2.3. Río Loa Antes Junta Rio Salado

La estación BNA 02104005-3 se encuentra ubicada en las coordenadas 22° 21' 38'' S y 68° 38' 60'' W, a una altitud de 2.505 msnm.

Para la estación se estudió la serie histórica, de ésta se seleccionó un resumen de los parámetros normados de mayor relevancia, los que se presentan en el Cuadro 4.2.2.3-1.

**CUADRO 4.2.2.3-1**
**RESUMEN PARÁMETROS DE CALIDAD ESTACIÓN RÍO LOA ANTES JUNTA RÍO SALADO**

| Parámetro | Nº datos | Mínimo | Promedio | Máximo | Valor Normado | Cantidad de datos que supera la norma | % de datos que supera la norma | Cantidad de veces que el valor promedio supera norma |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Arsénico** | 57 | 0,001 | 0,290 | 1,056 | 0,100 | 55 | 96,5 | 2,9 |
| **Boro** | 63 | 3,80 | 9,34 | 19,00 | 0,75 | 63 | 100,0 | 12,5 |
| **CE** | 74 | 1590 | 2980 | 5741 | 7500 | 0 | 0,0 | - |
| **Cloruro** | 70 | 355 | 705 | 2223 | 200 | 70 | 100,0 | 3,5 |
| **Mercurio** | 41 | 0,001 | 0,001 | 0,013 | 0,001 | 9 | 22,0* | - |
| **Molibdeno** | 41 | 0,01 | 0,03 | 0,05 | 0,01 | 24 | 58,5** | 2,8 |
| **pH** | 75 | 6,1 | 7,9 | 9,6 | 5,5-9,0 | 1 | 1,3 | - |
| **Sulfato** | 69 | 76,9 | 199,5 | 327,5 | 250,0 | 7 | 10,1 | - |

* Desde el año 2013 el límite de detección es superior al valor normado. 6 de los datos se encuentran en esta situación.
** Desde el año 2006 el límite de detección es superior al valor normado. 15 de los datos se encuentran en esta situación.

Fuente: Elaboración propia según antecedentes DGA.

Los parámetros que superan la norma en más de un 50% de los casos son arsénico, boro, cloruro y molibdeno.

Para el arsénico, se observa que el valor promedio supera el valor normado y que un 96,5% de las mediciones supera la norma.

Para el caso del boro, se observa que incluso el valor mínimo supera el valor normado, siendo superada la norma en el 100% de los casos.

El cloruro medido supera el valor normado en el 100% de los casos, incluyendo el valor mínimo.

Los datos de molibdeno superan en un 58,5% la norma, pero desde el año 2006 el límite de detección analizado es superior al valor normado, debiendo considerarse el error que eso podría significar.

En el Gráfico 4.2.2.3-1 se presenta un diagrama de Stiff modificado, que muestra que las aguas son cloradas sódicas.

En el Gráfico 4.2.2.3-2 se muestra la cantidad de veces que el valor promedio de los parámetros supera la norma, pudiendo visualizar que el valor promedio de arsénico supera más

de dos veces la norma, al igual que el molibdeno, el cloruro se supera en más de 3 veces y el boro más de 12 veces la norma de riego.

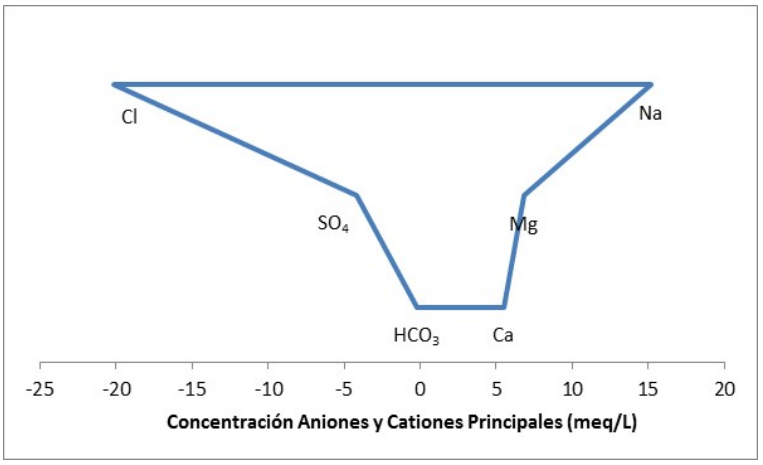



**GRÁFICO 4.2.2.3-1**
**DIAGRAMA STIFF MODIFICADO**

Fuente: Elaboración propia según antecedentes DGA.

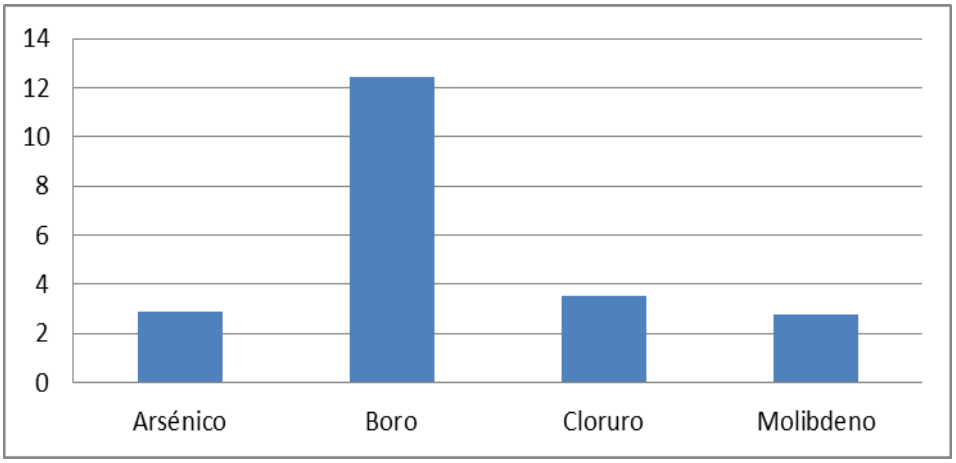



**GRÁFICO 4.2.2.3-2**
**CANTIDAD DE VECES QUE EL VALOR PROMEDIO SUPERA LA NORMA**

Fuente: Elaboración propia según antecedentes DGA.

4.2.2.4. Río Loa en Yalquincha

La estación BNA 02110002-1 se encuentra ubicada en las coordenadas 22° 26' 49'' S y 68° 52' 39'' W, a una altitud de 2.300 msnm.

Para la estación se estudió la serie histórica, de ésta se seleccionó un resumen de los parámetros normados de mayor relevancia, los que se presentan en el Cuadro 4.2.2.4-1.

**CUADRO 4.2.2.4-1**
**RESUMEN PARÁMETROS DE CALIDAD ESTACIÓN RÍO LOA EN YALQUINCHA**

| Parámetro | Nº datos | Mínimo | Promedio | Máximo | Valor Normado | Cantidad de datos que supera la norma | % de datos que supera la norma | Cantidad de veces que el valor promedio supera norma |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Arsénico** | 70 | 0,001 | 1,045 | 2,200 | 0,100 | 69 | 98,6 | 10,4 |
| **Boro** | 55 | 5,00 | 13,54 | 26,00 | 0,75 | 55 | 100,0 | 18,0 |
| **CE** | 77 | 3.399 | 6.229 | 9.460 | 7.500 | 1 | 1,3 | - |
| **Cloruro** | 59 | 133 | 1.796 | 2.207 | 200 | 58 | 98,3 | 9,0 |
| **Mercurio** | 44 | 0,001 | 0,002 | 0,040 | 0,001 | 6 | 13,6 | - |
| **Molibdeno** | 45 | 0,01 | 0,03 | 0,07 | 0,01 | 25 | 55,6** | 2,6 |
| **pH** | 78 | 6,3 | 7,8 | 8,5 | 5,5-9,0 | 0 | 0,0 | - |
| **Sulfato** | 59 | 66,3 | 223,7 | 516,0 | 250,0 | 9 | 15,3 | - |

** Desde el año 2006 el límite de detección es superior al valor normado. 12 de los datos se encuentran en esta situación.

Fuente: Elaboración propia según antecedentes DGA.

Los parámetros que superan la norma en más de un 50% de los casos son arsénico, boro, cloruro y molibdeno.

Para el arsénico, se observa que el valor promedio supera el valor normado y que un 98,6% de los valores supera la norma.

Para el caso del boro, se observa que incluso el valor mínimo supera el valor normado, siendo superada la norma en el 100% de los casos.

El cloruro medido supera el valor normado en el 98,3% de los casos, siendo el valor promedio muy superior al normado.

Los datos de molibdeno superan en un 55,6% la norma, pero desde el año 2006 el límite de detección analizado es superior al valor normado, debiendo considerarse el error que eso podría significar.

En el Gráfico 4.2.2.4-1 se presenta un diagrama de Stiff modificado, que muestra que las aguas son cloradas sódicas.

En el Gráfico 4.2.2.4-2 se muestra la cantidad de veces que el valor promedio de los parámetros supera la norma, pudiendo visualizar que el valor promedio de Arsénico se supera cerca de 10 veces, el boro es superado 18 veces respecto de la NCh 1.333 para riego, el cloruro se supera 9 veces y el molibdeno se supera más de 2 veces.

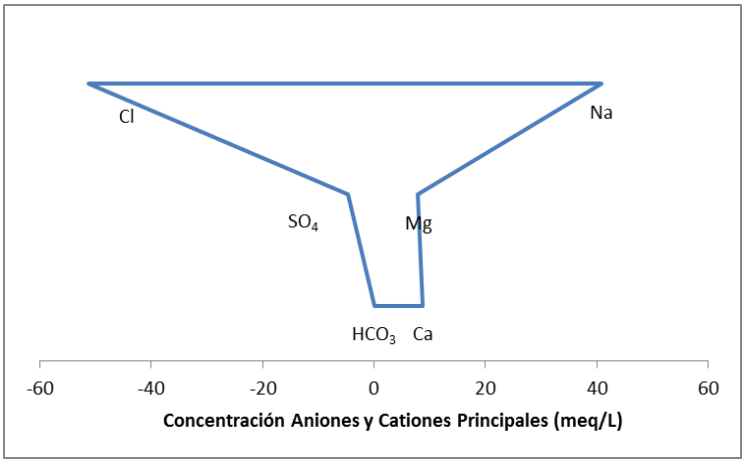



**GRÁFICO 4.2.2.4-1**
**DIAGRAMA STIFF MODIFICADO**

Fuente: Elaboración propia según antecedentes DGA.

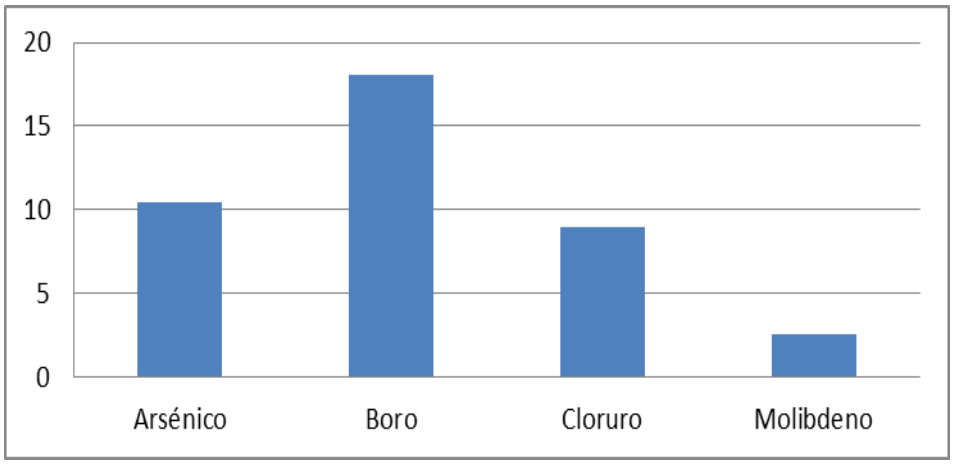



**GRÁFICO 4.2.2.4-2**
**CANTIDAD DE VECES QUE EL VALOR PROMEDIO SUPERA LA NORMA**

Fuente: Elaboración propia según antecedentes DGA.

4.2.2.5. Río Loa en Finca

La estación BNA 02110004-8 se encuentra ubicada en las coordenadas 22° 30' 22'' S y 68° 59' 20'' W, a una altitud de 2.100 msnm.

Para la estación se estudió la serie histórica, de ésta se seleccionó un resumen de los parámetros normados de mayor relevancia, los que se presentan en el Cuadro 4.2.2.5-1.

**CUADRO 4.2.2.5-1**
**RESUMEN PARÁMETROS DE CALIDAD ESTACIÓN RÍO LOA EN FINCA**

| Parámetro | Nº datos | Mínimo | Promedio | Máximo | Valor Normado | Cantidad de datos que supera la norma | % de datos que supera norma | Cantidad de veces que el valor promedio supera norma |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Arsénico** | 88 | 0,001 | 1,610 | 2,900 | 0,100 | 86 | 97,7 | 16,1 |
| **Boro** | 71 | 4,10 | 17,41 | 30,00 | 0,75 | 71 | 100,0 | 23,2 |
| **CE** | 94 | 3.585 | 8.469 | 12.500 | 7.500 | 62 | 66,0 | 1,1 |
| **Cloruro** | 74 | 846 | 2.506 | 3.372 | 200 | 74 | 100,0 | 12,5 |
| **Mercurio** | 57 | 0,000 | 0,001 | 0,004 | 0,001 | 8 | 14,0* | - |
| **Molibdeno** | 56 | 0,01 | 0,03 | 0,07 | 0,01 | 40 | 71,4** | 3,2 |
| **pH** | 94 | 5,7 | 7,8 | 9,6 | 5,5-9,0 | 2 | 2,1 | - |
| **Sulfato** | 70 | 210,0 | 472,9 | 4417,4 | 250,0 | 65 | 92,9 | 1,9 |

* Desde el año 2013 el límite de detección es superior al valor normado. 5 de los datos se encuentran en esta situación.
** Desde el año 2006 el límite de detección es superior al valor normado. 23 de los datos se encuentran en esta situación.

Fuente: Elaboración propia según antecedentes DGA.

Los parámetros que superan la norma en más de un 50% de los casos son arsénico, boro, conductividad eléctrica, cloruro, molibdeno y sulfato.

Para el arsénico, se observa que el valor promedio supera el valor normado y que un 97,7% de los valores supera la norma.

Para el caso del boro, se observa que incluso el valor mínimo supera el valor normado, siendo superada la norma en el 100% de los casos.

En el caso de la conductividad eléctrica el 66% de los datos supera el valor recomendado por la norma, siendo el valor promedio igualmente superior.

El cloruro medido supera el valor normado en el 100% de los casos, incluyendo el valor mínimo.

Los datos de molibdeno superan en un 58,5% la norma, pero desde el año 2006 el límite de detección analizado es superior al valor normado, debiendo considerarse el error que eso podría significar.

Los valores de sulfato se superan en el 92,9% de los casos, siendo el valor promedio superior al establecido por la norma.

En el Gráfico 4.2.2.5-1 se presenta un diagrama de Stiff modificado, que muestra que las aguas son cloradas sódicas.

En el Gráfico 4.2.2.5-2 se muestra la cantidad de veces que el valor promedio de los parámetros supera la norma, pudiendo visualizar que el arsénico se supera por más de 15 veces, el boro se supera por más de 20 veces el valor normado, el cloruro se supera por más de 10 veces, el molibdeno se supera por más de 3 veces y el sulfato por más de 1 vez. En el caso de la conductividad eléctrica, donde la norma establece rangos de tolerancia, el valor máximo normado es superado por más de 1 vez.

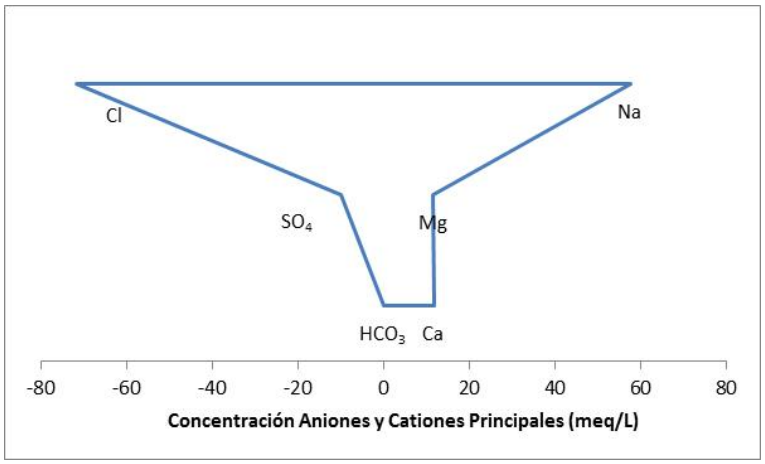



**GRÁFICO 4.2.2.5-1**
**DIAGRAMA STIFF MODIFICADO**

Fuente: Elaboración propia según antecedentes DGA.

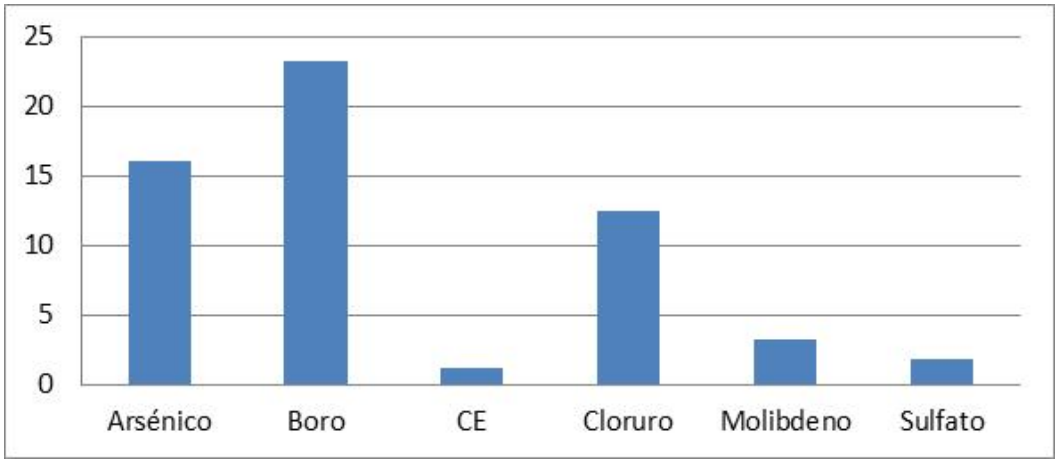



**GRÁFICO 4.2.2.5-2**
**CANTIDAD DE VECES QUE EL VALOR PROMEDIO SUPERA LA NORMA**

Fuente: Elaboración propia según antecedentes DGA.

4.2.2.6. Río Salado en Sifón Ayquina

La estación BNA 02105002-4 se encuentra ubicada en las coordenadas 22° 17' 22'' S y 68° 20' 41'' W, a una altitud de 2.980 msnm.

Para la estación se estudió la serie histórica, de ésta se seleccionó un resumen de los parámetros normados de mayor relevancia, los que se presentan en el Cuadro 4.2.2.6-1.

**CUADRO 4.2.2.6-1**
**RESUMEN PARÁMETROS DE CALIDAD ESTACIÓN RÍO SALADO EN SIFÓN AYQUINA**

| Parámetro | Nº datos | Mínimo | Promedio | Máximo | Valor Normado | Cantidad de datos que supera la norma | % de datos que supera la norma | Cantidad de veces que el valor promedio supera norma |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Arsénico** | 82 | 0,001 | 1,279 | 4,830 | 0,100 | 79 | 96,3 | 12,8 |
| **Boro** | 61 | 3,00 | 14,07 | 33,00 | 0,75 | 61 | 100,0 | 18,8 |
| **CE** | 87 | 2.474 | 5.975 | 8.073 | 7.500 | 2 | 2,3 | - |
| **Cloruro** | 66 | 3 | 1690 | 1992 | 200 | 65 | 98,5 | 8,5 |
| **Mercurio** | 59 | 0,001 | 0,001 | 0,004 | 0,001 | 7 | 11,9 | - |
| **Molibdeno** | 58 | 0,01 | 0,03 | 0,05 | 0,01 | 32 | 55,2 | 2,9 |
| **pH** | 87 | 5,8 | 7,5 | 9,5 | 5,5-9,0 | 1 | 1,1 | - |
| **Sulfato** | 61 | 20,0 | 114,3 | 476,2 | 250,0 | 1 | 1,6 | - |

* Desde el año 2013 el límite de detección es superior al valor normado. 5 de los datos se encuentran en esta situación.
** Desde el año 2006 el límite de detección es superior al valor normado. 22 de los datos se encuentran en esta situación.

Fuente: Elaboración propia según antecedentes DGA.

Los parámetros que superan la norma en más de un 50% de los casos son arsénico, boro, cloruro y molibdeno.

Para el arsénico, se observa que el valor promedio supera el valor normado y que un 96,3% de los valores supera la norma.

Para el caso del boro, se observa que incluso el valor mínimo supera el valor normado, siendo superada la norma en el 100% de los casos.

El cloruro medido supera el valor normado en el 98,5% de los casos, siendo el valor promedio superior al establecido por la norma.

Los datos de molibdeno superan en un 55,2% la norma, pero desde el año 2006 el límite de detección analizado es superior al valor normado, debiendo considerarse el error que eso podría significar.

En el Gráfico 4.2.2.6-1 se presenta un diagrama de Stiff modificado, que muestra que las aguas son cloradas sódicas.

En el Gráfico 4.2.2.6-2 se muestra la cantidad de veces que el valor promedio de los parámetros supera la norma, pudiendo visualizar que el valor promedio de arsénico se supera más de 12 veces, el del boro más de 18 veces, el del cloruro más de 8 veces y el molibdeno cerca de 3 veces.

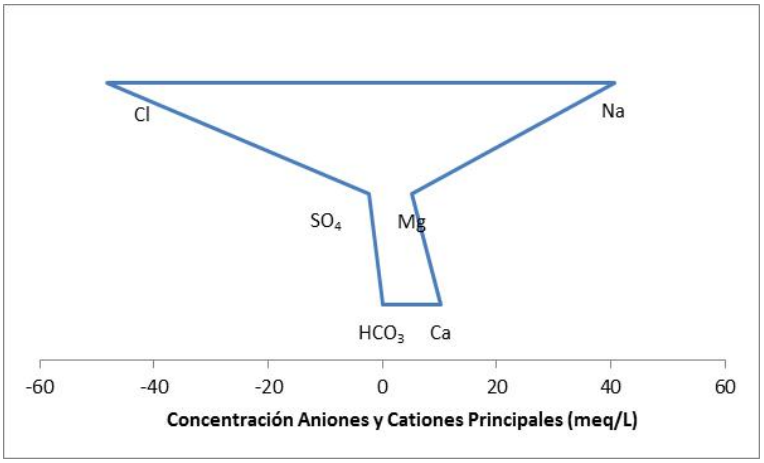



**GRÁFICO 4.2.2.6-1**
**DIAGRAMA STIFF MODIFICADO**

Fuente: Elaboración propia según antecedentes DGA.

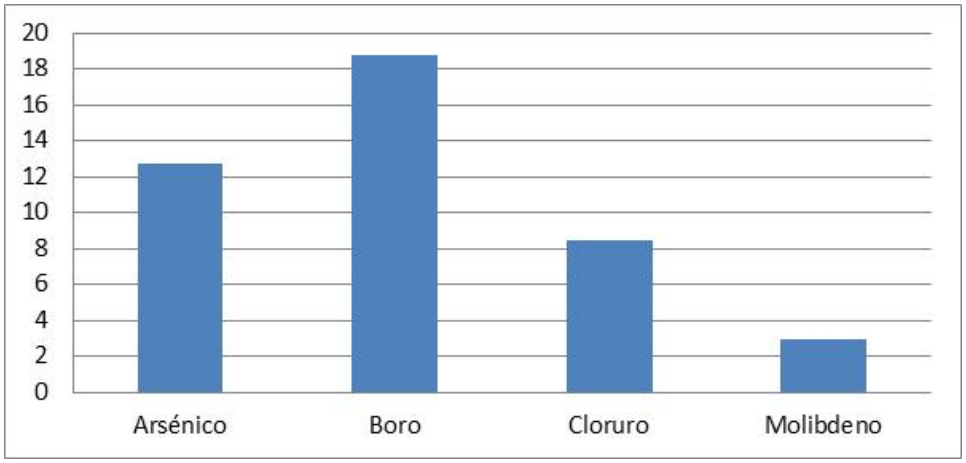



**GRÁFICO 4.2.2.6-2**
**CANTIDAD DE VECES QUE EL VALOR PROMEDIO SUPERA LA NORMA**

Fuente: Elaboración propia según antecedentes DGA.

4.2.2.7. Río Toconce antes Represa Sendos

La estación BNA 02105007-5 se encuentra ubicada en las coordenadas 22° 16' 23'' S y 68° 08' 38'' W, a una altitud de 3.245 msnm.

Para la estación se estudió la serie histórica, de ésta se seleccionó un resumen de los parámetros normados de mayor relevancia, los que se presentan en el Cuadro 4.2.2.7-1.

**CUADRO 4.2.2.7-1**
**RESUMEN PARÁMETROS DE CALIDAD ESTACIÓN RÍO TOCONCE ANTES REPRESA SENDOS**

| Parámetro | Nº datos | Mínimo | Promedio | Máximo | Valor Normado | Cantidad de datos que supera la norma | % de datos que supera la norma | Cantidad de veces que el valor promedio supera norma |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Arsénico** | 78 | 0,001 | 0,764 | 1,840 | 0,100 | 71 | 91,0 | 7,6 |
| **Boro** | 59 | 1,00 | 3,09 | 16,00 | 0,75 | 59 | 100,0 | 4,1 |
| **CE** | 81 | 513 | 1.020 | 7.343 | 7.500 | 0 | 0,0 | - |
| **Cloruro** | 64 | 41 | 132 | 246 | 200 | 1 | 1,6 | - |
| **Mercurio** | 53 | 0,001 | 0,001 | 0,003 | 0,001 | 11 | 20,8* | - |
| **Molibdeno** | 52 | 0,01 | 0,03 | 0,05 | 0,01 | 27 | 51,9** | 2,8 |
| **pH** | 82 | 5,9 | 8,0 | 10,0 | 5,5-9,0 | 1 | 1,2 | - |
| **Sulfato** | 59 | 6,8 | 67,2 | 132,5 | 250,0 | 0 | 0,0 | - |

* Desde el año 2013 el límite de detección es superior al valor normado. 5 de los datos se encuentran en esta situación.
** Desde el año 2006 el límite de detección es superior al valor normado. 21 de los datos se encuentran en esta situación.

Fuente: Elaboración propia según antecedentes DGA.

Los parámetros que superan la norma en más de un 50% de los casos son arsénico, boro y molibdeno.

Para el arsénico, se observa que el valor promedio supera el valor normado y que un 91% de los valores supera la norma.

Para el caso del boro, se observa que incluso el valor mínimo supera el valor normado, siendo superada la norma en el 100% de los casos.

Los datos de molibdeno superan en un 51,9% la norma, pero desde el año 2006 el límite de detección analizado es superior al valor normado, debiendo considerarse el error que eso podría significar.

En el Gráfico 4.2.2.7-1 se presenta un diagrama de Stiff modificado, que muestra que las aguas son cloradas sódicas.

En el Gráfico 4.2.2.7-2 se muestra la cantidad de veces que el valor promedio de los parámetros supera la norma, pudiendo visualizar que el valor promedio del arsénico se supera más de 7 veces, del boro más de 4 veces y del molibdeno más de 2 veces.

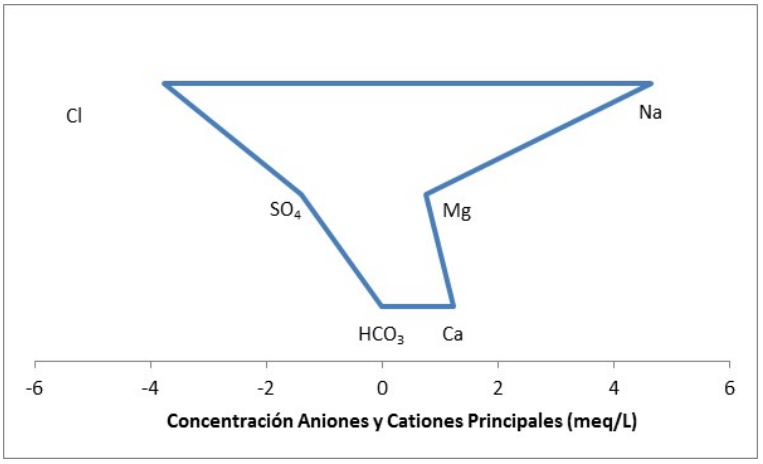



**GRÁFICO 4.2.2.7-1**
**DIAGRAMA STIFF MODIFICADO**

Fuente: Elaboración propia según antecedentes DGA.

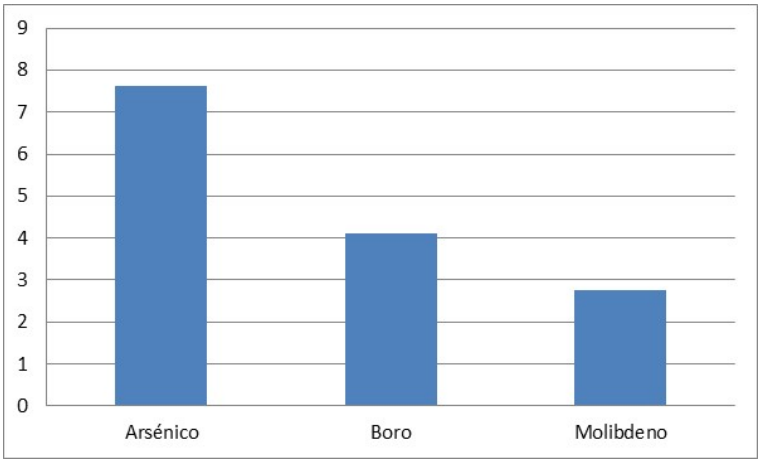



**GRÁFICO 4.2.2.7-2**
**CANTIDAD DE VECES QUE EL VALOR PROMEDIO SUPERA LA NORMA**

Fuente: Elaboración propia según antecedentes DGA.

## 4.3. Toma de Muestras y Análisis de Laboratorio

### 4.3.1. Aspectos Generales

Se planifica realizar dos campañas de muestreos puntuales de calidad de aguas, analizando los parámetros necesarios para evaluar la calidad de agua para riego. La primera

campaña se realizó a partir del 7 de noviembre de 2016 y la segunda campaña se realizó a partir del 15 de mayo de 2017, una vez finalizado el periodo de precipitaciones de invierno altiplánico.

En las áreas regadas se realizarán dos tipos de muestreo, los indicados "*in situ*", que comprenden: pH, temperatura (°C), conductividad eléctrica (S/cm) y sólidos disueltos totales (ppt) y aquellos en los que se realizará un análisis de laboratorio según los parámetros de la NCh 1.333 para riego.

En la segunda campaña de monitoreo, se incluyen tres puntos nuevos con el objetivo de comprender de mejor manera el comportamiento de la calidad físico química del agua en la parte alta de la cuenca del río Salado.

El detalle de los puntos seleccionados se presenta en el Cuadro 4.3.1-1 y en la Figura 4.3.1-1.

En el Anexo 4-2 se presenta shape con todos los puntos de muestreo.

**CUADRO 4.3.1-1**
**PUNTOS DE MUESTREO DE CALIDAD DE AGUAS RÍOS LOA Y SALADO**

| Nombre Punto | Fecha Muestreo Primera Campaña | Fecha Muestreo Segunda Campaña | Ubicación o Punto GPS | | Descripción |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Norte | Este | |
| AL1 | 09/09/2016 | 16/05/2017 | 7.538.015 | 585.961 | RÍO SALADO EN TOCONCE, AGUAS ABAJO POBLADO DE TOCONCE |
| AL2 | 09/09/2016 | 17/05/2017 | 7.534.658 | 578.298 | RÍO CASPANA AGUAS ABAJO POBLADO DE CASPANA |
| AL3 | 09/09/2016 | 16/05/2017 | 7.536.090 | 578.001 | RÍO SALADO, EN ESTACION DGA, AGUAS ABAJO POBLADO TOCONCE |
| AL4 | 09/09/2016 | 16/05/2017 | 7.535.005 | 567.480 | RÍO SALADO EN ESTACION DGA AGUAS ABAJO POBLADO AYQUINA |
| AL5 | 09/09/2016 | 17/05/2017 | 7.534.062 | 550.117 | RÍO SALADO, AGUAS ARRIBA CRUCE CON RUTA B-169 |
| AL6 | 08/09/2016 | 17/05/2017 | 7.529.883 | 544.799 | RÍO SALADO AGUAS ABAJO CRUCE CON RUTA B-169 |
| AL7 | 08/09/2016 | 15/05/2017 | 7.564.041 | 539.091 | RÍO LOA, EN ESTACION DGA AGUAS ABAJO EMBALSE CONCHI |
| AL8 | 08/09/2016 | 15/05/2017 | 7.541.227 | 540.020 | RÍO LOA, AGUAS ARRIBA POBLADO LASANA |
| AL9 | 08/09/2016 | 15/05/2017 | 7.530.440 | 535.909 | RÍO LOA, AGUAS ARRIBA POBLADO DE CHIUCHIU |
| AL10 | 08/09/2016 | 15/05/2017 | 7.542.242 | 534.816 | RÍO LOA, AGUAS DEBAJO DE JUNTA CON RÍO SALADO |
| AL11 | 08/09/2016 | 15/05/2017 | 7.516.500 | 527.611 | RÍO LOA, SECTOR DENOMINADO "MARMOLERAS" |

## CUADRO 4.3.1-1
## PUNTOS DE MUESTREO DE CALIDAD DE AGUAS RÍOS LOA Y SALADO

| Nombre Punto | Fecha Muestreo Primera Campaña | Fecha Muestreo Segunda Campaña | Ubicación o Punto GPS | | Descripción |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Norte | Este | |
| AL12 | 08/09/2016 | 15/05/2017 | 7.516.113 | 514.787 | RÍO LOA, SECTOR YALQUINCHA, EN BOCATOMA CANAL YALQUINCHA SUR |
| AL13 | 07/09/2016 | 15/05/2017 | 7.517.957 | 510.170 | RÍO LOA EN CALAMA, BOCATOMA CANAL TRONCO, AGUAS ABAJO PUENTE CAMINO A CHIUCHIU |
| AL14 | 07/09/2016 | 18/05/2017 | 7.517.524 | 509.956 | RÍO LOA EN CALAMA, AGUAS ABAJO PUENTE NEGRO |
| AL15 | 07/09/2016 | 18/05/2017 | 7.516.341 | 510.200 | RÍO LOA EN CALAMA, SECTOR TOPATER, EN BOCATOMA CANAL DEL MISMO NOMBRE |
| AL16 | 07/09/2016 | 18/05/2017 | 7.511.268 | 502.159 | RÍO LOA, AGUAS DEBAJO DE CALAMA EN SECTOR DENOMINADO LA CASCADA |
| AL17 | 10/09/2016 | 16/05/2017 | 7.541.581 | 574.068 | VERTIENTES TURI |
| AL18 | 10/09/2016 | 16/05/2017 | 7.536.125 | 570.217 | VERTIENTE AYQUINA |
| AL19 | 10/09/2016 | 17/05/2017 | 7.535.711 | 571.507 | VERTIENE PROYECTO AYQUINA |
| AL20 | 16/09/2016 | 18/05/2017 | 7.514.982 | 505.911 | AGUAS TRATADAS SECTOR CALAMA, EN PREDIO SRA. NOEMI CUEVAS |
| IS1 | 10/09/2016 | 17/05/2017 | 7.535.661 | 571.574 | EN RÍO SALADO AGUAS ARRIBA AYQUINA |
| IS2 | 10/09/2016 | 16/05/2017 | 7.551.083 | 575.567 | EN VERTIENTE QUE ABASTECE A CANAL PANIRI 1 |
| IS3 | 10/09/2016 | 16/05/2017 | 7.550.750 | 573.309 | EN VERTIENTE QUE ABASTECE A CANAL PANIRI 2 |
| IS4 | 10/09/2016 | * | 7.536.224 | 570.081 | EN VERTIENTE TANTOR, AYQUINA |
| IS5 | 10/09/2016 | * | 7.536.105 | 570.086 | EN VERTIENTE COLLER, AYQUINA |
| IS6 | 10/09/2016 | * | 7.536.091 | 569.955 | EN PILA SAN PABLO, AYQUINA |
| IS7 | 19/09/2016 | * | 7.529.846 | 535.993 | CANAL RIBERA IZQUIERDA RÍO LOA |
| IS8 | 19/09/2016 | * | 7.530.617 | 535.565 | CANAL RIBERA IZQUIERDA RÍO LOA, CANAL LA BANDA |
| IS9 | 19/09/2016 | * | 7.529.478 | 535.911 | CANAL DEL PUEBLO CHIUCHIU |
| IS10 | 19/09/2016 | * | 7.534.777 | 537.140 | EN CANAL GRANDE DE CHIUCHIU, CERCANO A BOCATOMA |
| IS11 | 11/09/2016 | 18/05/2017 | 7.517.190 | 509.875 | CANAL TRONCO, EN LAS CERCANIAS DE BOCATOMA CANAL TAMBORES |
| IS12 | 11/09/2016 | 18/05/2017 | 7.515.701 | 508.139 | CANAL COCO LA VILLA EN COMPLEJO DEPORTIVO COBRELOA (URBANO) |
| IS13 | 11/09/2016 | 18/05/2017** | 7.515.134 | 506.205 | CANAL COCO LA VILLA, RAMAL CERRO NEGRO (URBANO) |
| IS14 | 11/09/2016 | 18/05/2017 | 7.515.751 | 509.695 | CANAL LAILAI, ANTES CRUCE CON CAMINO A SAN PEDRO DE ATACAMA |
| IS15 | 11/09/2016 | 18/05/2017 | 7.514.684 | 508.329 | CANAL LAILAI ANTES CRUCE FERROCARRIL |
| IS16 | 11/09/2016 | 18/05/2017 | 7.513.895 | 506.140 | CANAL CHUNCHURI BAJO, EN ENTRADA A MEDIALUNA CALAMA |
| IS17 | 11/09/2016 | 18/05/2017 | 7.513.321 | 506.031 | CANAL CHUNCHURI BAJO |

## CUADRO 4.3.1-1
## PUNTOS DE MUESTREO DE CALIDAD DE AGUAS RÍOS LOA Y SALADO

| Nombre Punto | Fecha Muestreo Primera Campaña | Fecha Muestreo Segunda Campaña | Ubicación o Punto GPS | | Descripción |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Norte | Este | |
| IS18 | 11/09/2016 | 18/05/2017 | 7.514.226 | 508.669 | CANAL TOPATER, AL COSTADO COLEGIO CHUQUICAMATA |
| IS19 | 11/09/2016 | 18/05/2017 | 7.516.241 | 509.469 | CANAL BERNA (SEMIURBANO) |
| IS20 | 11/09/2016 | 18/05/2017 | 7.516.279 | 508.821 | CANAL TRONCO EN PARCELAS (SEMIURBANO) |
| NU-01 | - | 16/05/2017 | 7536111 | 581086 | RÍO TOCONCE ANTES DE JUNTA CON RÍO SALADO |
| NU-02 | - | 16/05/2017 | 7535524 | 581190 | RÍO SALADO ANTES DE JUNTA CON RÍO TOCONCE |
| NU-03 | - | 16/05/2017 | 7535974 | 578022 | QUEBRADA SIN NOMBRE |

AL: Análisis Laboratorio.
IS: Monitoreo In situ.
*: A estos puntos In Situ no se pudo acceder, debido a que el periodo de toma de muestras se vio interrumpido en varias ocasiones por el fenómeno meteorológico de tormentas de arena, por lo cual la toma de muestras se suspendió como medida de seguridad de los trabajadores.
**: Este punto no se monitoreó, ya que el canal se encontraba sin agua hasta el mes de agosto, por reparaciones.

Fuente: Elaboración propia.

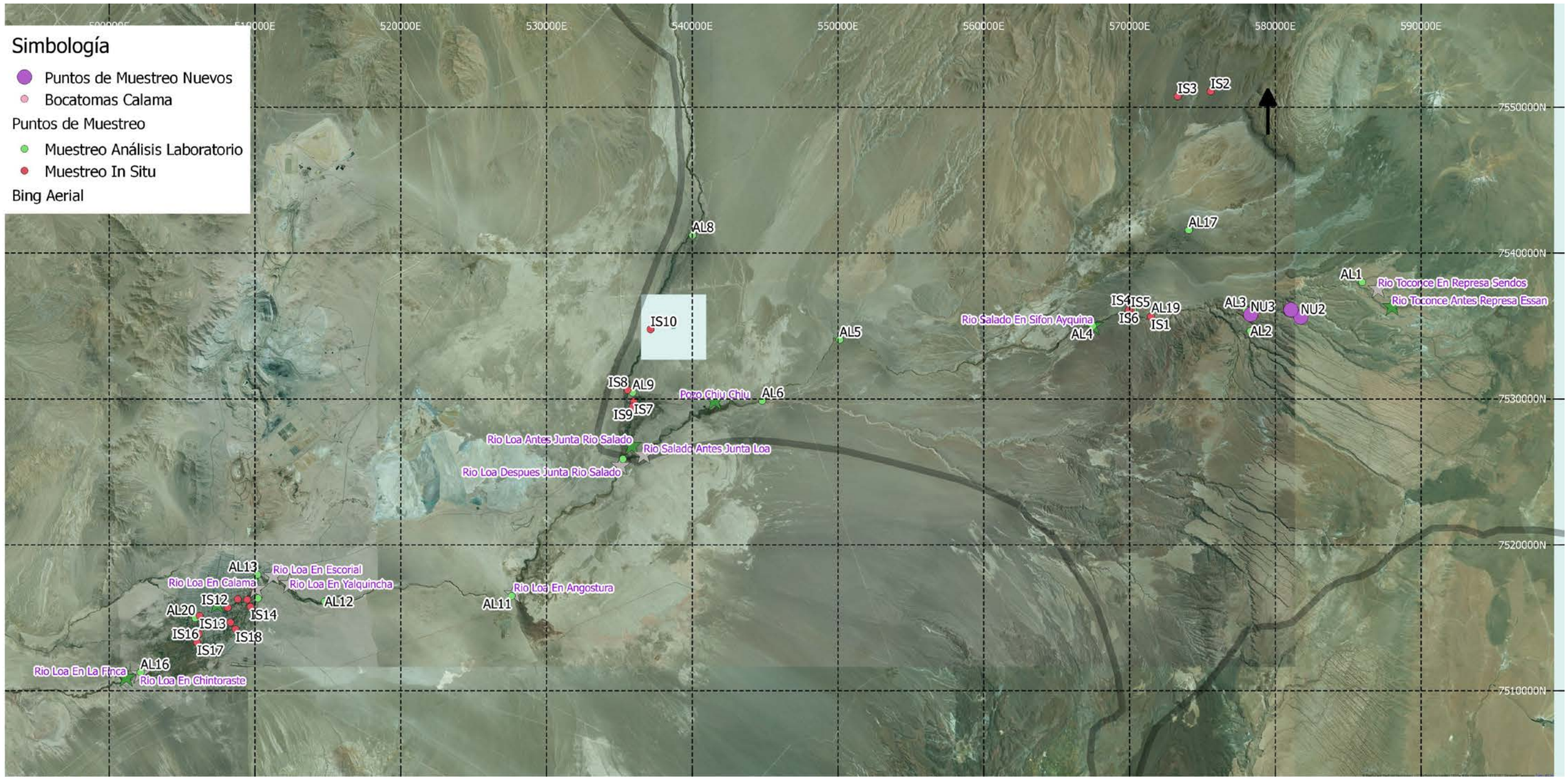



**FIGURA 4.3.1-1**
**PUNTOS DE MONITOREO**

Fuente: Elaboración propia.

### 4.3.2. Toma de Muestras

Para la toma de muestras se sigue como base el procedimiento establecido por la DGA en el Manual de Normas y Procedimientos del Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos (DGA, 2007). Este procedimiento se adapta según las recomendaciones del laboratorio que realiza el análisis de las muestras y el propio procedimiento interno para la toma de muestras. El tipo de muestra será puntual. La forma de realizar el muestreo es desde orilla.

El procedimiento interno establecido para la toma de muestras de calidad de aguas comprende el re-entrenamiento de los "tomadores de muestras" cada vez que se realiza un muestreo, por medio de la revisión de material audiovisual, revisión y calibración de los equipos para el muestreo *in situ*, revisión del procedimiento establecido por el laboratorio, revisión de los puntos en que se realizará el muestreo, consideración de las condiciones meteorológicas, entre otros aspectos a considerar. Los tomadores de muestras son dos, durante el monitoreo uno de ellos tiene que cumplir el papel de "manos limpias" y el otro el de "manos sucias".

A diferencia de lo establecido en el procedimiento DGA, en que se realiza el envío de una sola botella de muestra, el procedimiento que se efectúa con el laboratorio comprende el llenado de las botellas con los distintos conservantes en el lugar de toma de muestra. Se toman las muestras directamente del cauce, a una profundidad de 20 a 30 cm en contracorriente. Las muestras se enrolan en el lugar, previo a la toma de la muestra y son conservadas en cooler, ambientando con gel packs. Cada cooler es asegurado con film para su envío.

La muestra es ingresada antes de 24 horas al laboratorio desde la hora en que ésta fue tomada, lo que representa un desafío al momento de la toma de muestras, ya que parte de los sectores se encuentran alejados de las oficinas de envío, lo que en conjunto con la dificultad de acceso a los cauces hacen que la planificación de las campañas de terreno resulte vital para el correcto cumplimiento de los procedimientos.

### 4.3.3. Resultados de la Primera Campaña de Monitoreo de Calidad de Aguas

En el Cuadro 4.3.3-1 se indican los resultados de los análisis de laboratorio, se destacan en sombrado los valores que superan la NCh 1.333 para riego. Los informes de los ensayos realizados se presentan en el Anexo 4-3.

En el Cuadro 4.3.3-2 se indican los resultados del muestreo *in situ,* en que se describen los resultados obtenidos en terreno y las características de cada uno de los sectores monitoreados.

En el Anexo 4-4 se incluyen fotografías de los lugares donde se efectuó el monitoreo.

## CUADRO 4.3.3-1
## RESULTADOS ANÁLISIS DE LABORATORIO, PRIMERA CAMPAÑA DE MONITOREO

| Parámetro | NCh 1.333 | Unidad | AL-01 | AL-02 | AL-03 | AL-04* | AL-05 | AL-06 | AL-07 | AL-08 | AL-09 | AL-10 | AL-11 | AL-12 | AL-13 | AL-14 | AL-15 | AL-16 | AL-17 | AL-18 | AL-19 | AL-20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cianuros | 0,2 | mg/L | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | <0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | <0,04 | <0,04 | <0,04 | <0,04 |
| Conductividad Eléctrica | 7.500 | µmhos/cm | 1.521 | 4.059 | 5.720 | 6.765 | 7.953 | 7.733 | 3.333 | 3.116 | 3.171 | 5.104 | 6.127 | 6.446 | 6.589 | 6.589 | 6.567 | 8.998 | 3.740 | 2.267 | 2.249 | 2.335 |
| pH | 5,5-9,0 | - | 7,18 | 8,05 | 7,13 | 7,18 | 7,73 | 8,30 | 7,71 | 8,11 | 8,18 | 8,28 | 7,58 | 8,01 | 7,87 | 7,80 | 7,63 | 8,05 | 6,22 | 6,77 | 6,46 | 7,17 |
| Sólidos Totales Disueltos | 5000 | mg/L | 739 | 1.965 | 2.813 | 4.176 | 3.828 | 5.471 | 2.297 | 2.192 | 2.212 | 3.596 | 4.340 | 4.554 | 4.011 | 3.992 | 3.985 | 5.560 | 1.910 | 1.329 | 1.311 | 1.241 |
| Cloruros | 200 | mg/L | 236 | 943 | 1.321 | 1.761 | 2.139 | 2.277 | 692 | 667 | 692 | 1.321 | 1.661 | 1.749 | 1.824 | 1.849 | 1.824 | 2.579 | 786 | 418 | 403 | 414 |
| Fluoruros | 1 | mg/L | 0,19 | 0,19 | 0,46 | 0,29 | 0,22 | 0,22 | 0,55 | 0,45 | 0,46 | 0,41 | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,42 | 0,41 | 0,53 | 0,24 | 0,23 | 0,21 | 0,66 |
| Sulfatos | 250 | mg/L | 36,8 | 49,4 | 88,3 | 110 | 118 | < 5,32 | 206 | 186 | 191 | 200 | < 5,32 | 235 | < 5,32 | < 5,32 | < 5,32 | < 5,32 | 83 | 132 | 119 | 187 |
| Sodio Porcentual | 35 | % | 23,4 | 77,7 | 74,0 | <0,001 | 74,1 | < 0,001 | 47,3 | < 0,001 | < 0,001 | 69,4 | < 0,001 | 69,5 | 68,6 | 69,5 | 70,5 | 72,3 | 61,6 | 53,1 | 51,6 | 58,7 |
| Aluminio Total | 5 | mg/L | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | <0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | <0,30 | <0,30 | <0,30 | <0,30 |
| Arsénico Total | 0,1 | mg/L | 0,133 | 0,069 | 2,917 | 0,569 | 0,618 | 0,638 | 0,238 | 0,210 | 0,213 | 0,577 | 0,964 | 0,996 | 1,076 | 1,076 | 1,066 | 1,870 | 0,525 | 0,244 | 0,191 | 0,011 |
| Bario Total | 4 | mg/L | 0,023 | 0,086 | 0,098 | 0,11 | 0,094 | 0,095 | 0,037 | 0,056 | 0,059 | 0,091 | 0,077 | 0,079 | 0,084 | 0,082 | 0,084 | 0,064 | <0,002 | 0,022 | 0,04 | 0,021 |
| Berilio Total | 0,1 | mg/L | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | <0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 |
| Boro Total | 0,75 | mg/L | 0,943 | 1,366 | 17,1 | 10,104 | 10,9 | 11,5 | 7,536 | 6,914 | 7,499 | 9,92 | 10,9 | 9,942 | 12,9 | 13,0 | 12,9 | 17,8 | 3,133 | 1,796 | 1,716 | 5,168 |
| Cadmio Total | 0,01 | mg/L | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | <0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Cobalto Total | 0,05 | mg/L | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | <0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Cobre Total | 0,2 | mg/L | < 0,01 | 0,01 | < 0,01 | <0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Cromo Total | 0,1 | mg/L | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | <0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Hierro Total | 5 | mg/L | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | 0,54 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | <0,30 | <0,30 |
| Litio Total | 2,5 | mg/L | 0,26 | 0,65 | 4,49 | 3,39 | 4,01 | 4,19 | 0,90 | 0,87 | 0,90 | 2,39 | 2,92 | 3,11 | 3,29 | 3,25 | 3,31 | 4,82 | 1,34 | 0,74 | 0,69 | 0,82 |
| Manganeso Total | 0,2 | mg/L | < 0,05 | 0,06 | 1,10 | 1,25 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Mercurio Total | 0,001 | mg/L | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | <0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Molibdeno Total | 0,01 | mg/L | < 0,01 | < 0,01 | 0,01 | 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | 0,01 |
| Níquel Total | 0,2 | mg/L | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | <0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Plata Total | 0,2 | mg/L | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | <0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Plomo Total | 5 | mg/L | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | <0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Selenio Total | 0,02 | mg/L | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | <0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Vanadio Total | 0,1 | mg/L | 0,01 | < 0,01 | 0,01 | <0,01 | < 0,01 | < 0,01 | 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | 0,01 | <0,01 | 0,01 | 0,01 | <0,01 |
| Zinc Total | 2 | mg/L | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | <0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | <0,30 | <0,30 | <0,30 | <0,30 |
| Coliformes Fecales por NMP | 1.000 | NMP/100 ml | < 2,00 | 23,0 | 63,0 | 46 | 23 | 11,0 | < 2,00 | < 2,00 | 7,80 | 2 | 13,0 | 4 | 33,0 | 17,0 | 11,0 | <2,00 | <2,00 | <2,00 | 350 | 2 |

Fuente: Elaboración propia.

## CUADRO 4.3.3-2
## RESULTADOS PRIMERA CAMPAÑA DE MONITOREO *IN SITU*

| Nombre Punto | pH | T (°C) | CE (mS/cm) | Descripción | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| AL2 | 7,72 | 15,4 | 3,73 | RÍO CASPANA AGUAS ABAJO POBLADO DE CASPANA | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| AL3 | 7,31 | 18,3 | 5,06 | RÍO SALADO, EN ESTACION DGA, AGUAS ABAJO POBLADO TOCONCE | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| AL4 | 6,67 | 18,0 | 5,89 | RÍO SALADO EN ESTACION DGA AGUAS ABAJO POBLADO AYQUINA | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| AL5 | 7,67 | 17,9 | 7,14 | RÍO SALADO, AGUAS ARRIBA CRUCE CON RUTA B-169 | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. Se observaron pisadas de animales en la ribera |
| AL6 | 7,69 | 19,5 | 7,02 | RÍO SALADO AGUAS ABAJO CRUCE CON RUTA B-169 | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. Se observaron pisadas de animales en la ribera |
| AL7 | 7,82 | 12,7 | 3,27 | RÍO LOA, EN ESTACION DGA AGUAS ABAJO EMBALSE CONCHI | No se observa basura, o contaminante en el río. Se observaron pisadas de animales en la ribera. Espuma producida por el mismo río |
| AL8 | 7,79 | 13,0 | 2,86 | RÍO LOA, AGUAS ARRIBA POBLADO LASANA | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales. En la ribera se observa pasto quemado |
| AL9 | 7,83 | 15,7 | 3,05 | RÍO LOA, AGUAS ARRIBA POBLADO DE CHIU CHIU | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| AL10 | 7,71 | 17,7 | 4,87 | RÍO LOA, AGUAS DEBAJO DE JUNTA CON RÍO SALADO | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales. En la ribera se observa pasto quemado |
| AL11 | 6,92 | 18,2 | 5,72 | RÍO LOA, SECTOR DENOMINADO "MARMOLERAS" | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| AL12 | 7,33 | 17,0 | 6,15 | RÍO LOA, SECTOR YALQUINCHA, EN BOCATOMA CANAL YALQUINCHA SUR | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales. Ribera intervenida por maquinaria |
| AL13 | 7,51 | 17,0 | 6,17 | RÍO LOA EN CALAMA, BOCATOMA CANAL TRONCO, AGUAS ABAJO PUENTE CAMINO A CHIU CHIU | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales. En las cercanías del puente se observó basura. Sector urbano |
| AL14 | 7,55 | 18,1 | 6,12 | RÍO LOA EN CALAMA, AGUAS ABAJO PUENTE NEGRO | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales. Sector urbano |
| AL15 | 7,53 | 18,0 | 6,12 | RÍO LOA EN CALAMA, SECTOR TOPATER, EN BOCATOMA CANAL DEL MISMO NOMBRE | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales. Sector urbano |
| AL16 | 6,46 | 17,4 | 7,8 | RÍO LOA, AGUAS DEBAJO DE CALAMA EN SECTOR DENOMINADO LA CASCADA | No se observa espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales. Sector urbano. Se aprecian desechos metalicos y plásticos (latas, envases de bedidas otros.) |
| AL17 | 5,62 | 23,8 | 2,95 | VERTIENTES TURI | No se observa basura, espuma o contaminante en las vertientes. Sector usado como zona de recreacion. |
| AL18 | 6,6 | 19,3 | 2,02 | VERTIENTE AYQUINA | No se observa basura, espuma o contaminante en la vertiente. |
| AL19 | 6,07 | 21,4 | 2,13 | VERTIENE PROYECTO AYQUINA | No se observa basura, espuma o contaminante en las vertientes. |
| AL20 | 7,02 | 18,4 | 1,39 | AGUAS TRATADAS SECTOR CALAMA, EN PREDIO SRA. NOEMI CUEVAS | Tomada directamente desde maguera de distribución. |
| IS1 | 7,32 | 15,0 | 7,42 | EN RÍO SALADOS AGUAS ARRIBA AYQUINA | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| IS2 | 6,84 | 20,5 | 0,56 | EN VERTIENTE QUE ABASTECE A CANAL PANIRI 1 | No se observa basura, espuma o contaminante en la vertiente. No se observaron pisadas de animales |
| IS3 | 6,41 | 17,5 | 0,51 | EN VERTIENTE QUE ABASTECE A CANAL PANIRI 2 | No se observa basura, espuma o contaminante en la vertiente. No se observaron pisadas de animales |
| IS4 | 6,17 | 21,3 | 2,44 | EN VERTIENTE TANTOR, AYQUINA | Aguas bastante estancadas, poca escorrentia, con fuerte olor a descompuesto, con algun grado de contaminacion por aceites, basura en las aguas |
| IS5 | 7,67 | 21,3 | 2,23 | EN VERTIENTE COLLER, AYQUINA | No se observa basura, espuma o contaminante en la vertiente. No se observaron pisadas de animales |

**CUADRO 4.3.3-2**
**RESULTADOS PRIMERA CAMPAÑA DE MONITOREO *IN SITU***

| Nombre Punto | pH | T (°C) | CE (mS/cm) | Descripción | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| IS6 | 6,05 | 23,3 | 2,25 | EN PILA SAN PABLO, AYQUINA | Se observa bastante proliferacion de algas en estanque, algunas latas de bebidas, agua semi estancada |
| IS7 | 7,98 | 14,7 | 3,06 | CANAL RIBERA IZQUIERDA RÍO LOA | No se observa basura, espuma o contaminante en canal. No se observaron pisadas de animales |
| IS8 | 8,05 | 18,2 | 2,98 | CANAL RIBERA IZQUIERDA RÍO LOA, CANAL LA BANDA | No se observa basura, espuma o contaminante en canal. No se observaron pisadas de animales |
| IS9 | 7,93 | 17,7 | 3,11 | CANAL DEL PUEBLO CHIU CHIU | No se observa basura, espuma o contaminante en canal. No se observaron pisadas de animales |
| IS10 | 7,72 | 13,8 | 3,04 | EN CANAL GRANDE DE CHIU CHIU, CERCANO A BOCATOMA | No se observa basura, espuma o contaminante en canal. No se observaron pisadas de animales |
| IS11 | 7,49 | 16,3 | 6,33 | CANAL TRONCO, EN LAS CERCANIAS DE BOCATOMA CANAL TAMBORES | No se observa basura, espuma o contaminante en canal. No se observaron pisadas de animales |
| IS12 | 7,68 | 14,7 | 6,27 | CANAL COCO LA VILLA EN COMPLEJO DEPORTIVO COBRELOA (URBANO) | Se tomó en desarenador, limpio, sin residuos de ninguna clase, agua escurriendo |
| IS13 | 7,89 | 14,9 | 6,39 | CANAL COCO LA VILLA, RAMAL CERRO NEGRO (URBANO) | Presencia de basura plastica, restaurant cercano, se observa vertido en el canal posiblemente desde éste, lo que fue indicado por el celador |
| IS14 | 7,65 | 17,1 | 6,31 | CANAL LAILAI, ANTES CRUCE CON CAMINO A SAN PEDRO DE ATACAMA | Presencia de basura plastica, restaurant cercano, se observa vertido en el canal posiblemente desde éste, lo que fue indicado por el celador |
| IS15 | 7,67 | 16,4 | 6,31 | CANAL LAILAI ANTES CRUCE FERROCARRIL | No se observa basura, espuma o contaminante en canal. No se observaron pisadas de animales |
| IS16 | 7,80 | 15,3 | 6,19 | CANAL CHUNCHURI BAJO, EN ENTRADA A MEDIALUNA CALAMA | No se observa basura, espuma o contaminante en canal. No se observaron pisadas de animales |
| IS17 | 7,60 | 15,0 | 6,24 | CANAL CHUNCHURI BAJO | No se observa basura, espuma o contaminante en canal. No se observaron pisadas de animales |
| IS18 | 7,72 | 16,0 | 9,26 | CANAL TOPATER, AL COSTADO COLEGIO CHUQUICAMATA | No se observa basura, espuma o contaminante en canal. No se observaron pisadas de animales |
| IS19 | 7,73 | 16,6 | 6,14 | CANAL BERNA (SEMIURBANO) | No se observa basura, espuma o contaminante en canal. No se observaron pisadas de animales |
| IS20 | 7,66 | 16,5 | 6,30 | CANAL TRONCO EN PARCELAS (SEMIURBANO) | No se observa basura, espuma o contaminante en canal. No se observaron pisadas de animales |

Fuente: Elaboración propia.

## 4.3.4. Resultados de la Segunda Campaña de Monitoreo de Calidad de Aguas

En la segunda campaña de monitoreo se evaluó la inclusión de tres puntos adicionales que permitieran comprender el comportamiento físico-químico de las aguas en la parte alta de la cuenca. A estos puntos se les denominó NU1, NU2 y NU3.

Hubo puntos *In Situ* a los cuales no se pudo acceder, debido a que el periodo de toma de muestras se vio interrumpido en varias ocasiones por el fenómeno meteorológico de tormentas de arena, por lo cual la toma de muestras se suspendió en varias ocasiones como medida de seguridad de los trabajadores. El punto ubicado en el canal Coco La Villa no pudo ser tomado, ya que en el periodo de monitoreo se encontraba sin agua hasta el mes de agosto.

Los resultados se presentan en los Cuadros 4.3.4-1 y 2.3.4-2.

## CUADRO 4.3.4-1
## RESULTADOS ANÁLISIS DE LABORATORIO, SEGUNDA CAMPAÑA DE MONITOREO

| Parámetro | NCh 1.333 | Unidad | AL-01 | AL-02 | AL-03 | AL-04* | AL-05 | AL-06 | AL-07 | AL-08 | AL-09 | AL-10 | AL-11 | AL-12 | AL-13 | AL-14 | AL-15 | AL-16 | AL-17 | AL-18 | AL-19 | AL-20 | NU-01 | NU-02 | NU-03 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cianuros | 0,2 | mg/L | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 | < 0,04 |
| Conductividad Eléctrica | 7.500 | µmhos/cm | 1.340 | 2.377 | 5.120 | 5.440 | 7.260 | 7.360 | 3.080 | 3.000 | 3.170 | 6.130 | 6.900 | 6.770 | 7.130 | 6.770 | 6.410 | 7.180 | 2.983 | 2.010 | 2.173 | 2.223 | 2.362 | 7.380 | 11.750 |
| pH | 5,5-9,0 | - | 7,51 | 7,64 | 7,64 | 7,44 | 7,56 | 7,68 | 7,92 | 7.99 | 8,22 | 7,87 | 7,47 | 7,99 | 8,03 | 8,02 | 7,98 | 7,71 | 6.63 | 6,84 | 6,91 | 7,41 | 8,43 | 7,92 | 7,26 |
| Sólidos Totales Disueltos | 5.000 | mg/L | 949 | 1.258 | 3.238 | 3.575 | 4.258 | 4.279 | 1.713 | 1.604 | 1.787 | 3.685 | 4.155 | 3.888 | 3.958 | 4.103 | 4.068 | 4.242 | 1.835 | 1.305 | 1.265 | 1.148 | 1.459 | 4.752 | 8.098 |
| Cloruros | 200 | mg/L | 252 | 612 | 1.666 | 1.768 | 2.112 | 2.171 | 640 | 613 | 710 | 1.741 | 1.967 | 1.995 | 2.035 | 1.999 | 2.133 | 2.213 | 828 | 456 | 431 | 430 | 685 | 2.562 | 4.140 |
| Fluoruros | 1 | mg/L | 0,19 | 0,14 | 0,54 | 0,34 | 0,29 | 0,31 | 0,46 | 0,55 | 0,45 | 0,32 | 0,34 | 0,40 | 0,43 | 0,40 | 0,36 | 0,37 | 0,23 | 0,21 | 0,20 | 0,72 | 0,32 | 0,89 | 0,31 |
| Sulfatos | 250 | mg/L | 40,3 | 57,2 | 81,7 | 93,0 | 103 | 97,1 | 183 | 159 | 178 | 150 | 179 | 202 | 206 | 190 | 193 | 229 | 95,5 | 129 | 119 | 179 | 72,0 | 99,6 | 104 |
| Sodio Porcentual | 35 | % | 27,7 | 71,6 | 78,4 | 69,8 | 74.7 | 72,6 | 52,1 | 45,4 | 26,6 | 76,1 | 67,8 | 60,8 | 67,2 | 68,3 | 70,2 | 71,2 | 62,1 | 53,4 | 52,4 | 58,1 | 71,7 | 86,2 | 73,4 |
| Aluminio Total | 5 | mg/L | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | 1,59 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | 0,76 | 0,88 | < 0,30 |
| Arsénico Total | 0,1 | mg/L | 0,151 | 0,025 | 6,15 | 0,897 | 0,011 | 0,856 | 0,256 | 0,146 | 0,053 | 0,621 | 0,958 | 0,909 | 0,536 | 0,703 | 0,720 | 0,916 | 0,451 | 0,240 | 0,183 | 0,015 | 1,56 | 13,7 | 0,149 |
| Bario Total | 4 | mg/L | 0,026 | 0,059 | 0,145 | 0,180 | 0,104 | 0,104 | 0,075 | 0,124 | 0,081 | 0,173 | 0,151 | 0,110 | 0,121 | 0,120 | 0,117 | 0,104 | 0,004 | 0,036 | 0,059 | 0,035 | 0,082 | 0,186 | 0,287 |
| Berilio Total | 0,1 | mg/L | < 0,0020 | 0,0146 | < 0,0020 | < 0,0020 | 0,0146 | 0,0146 | < 0,0020 | < 0,0020 | < 0,0020 | 0,0020 | 0,0020 | 0,0020 | < 0,0020 | 0,0174 | 0,0151 | 0,0147 | < 0,0020 | < 0,0020 | 0,0150 | 0,0146 | < 0,0020 | < 0,0020 | < 0,0020 |
| Boro Total | 0,75 | mg/L | 1,11 | 0,841 | 26,3 | 20,6 | 19,8 | 23,2 | 7,44 | 6,11 | 3,97 | 15,7 | 17,9 | 17,5 | 7,63 | 14,6 | 14,5 | 16,1 | 3,68 | 2,53 | 2,07 | 7,18 | 9,11 | 62,4 | 8,65 |
| Cadmio Total | 0,01 | mg/L | 0,010 | < 0.010 | 0,051 | 0,018 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,010 | 0,011 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,010 | 0,016 | 0,095 | < 0,010 |
| Cobalto Total | 0,05 | mg/L | 0,0017 | 0,0147 | 0,0014 | 0,0056 | 0,0142 | 0,0140 | 0,0014 | 0,0020 | < 0,0010 | 0,0014 | 0,0022 | < 0,0010 | < 0,0010 | 0,0142 | 0,0137 | 0,0143 | 0,0014 | < 0,0010 | 0,0146 | 0,0133 | 0,0023 | 0,0010 | 0,0044 |
| Cobre Total | 0,2 | mg/L | < 0,01 | 0,05 | < 0,01 | < 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,03 | 0,07 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | 0,03 | 0,02 | < 0,01 | 0,03 | 0,15 |
| Cromo Total | 0,1 | mg/L | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 |
| Hierro Total | 5 | mg/L | < 0,30 | 1,37 | < 0,30 | 0,68 | 0,46 | 14,7 | < 0,30 | 0,62 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | 0,45 | < 0,30 | < 0,30 | 0,38 | < 0,30 |
| Litio Total | 2,5 | mg/L | 0,339 | 0,595 | 7,23 | 5,14 | 6,57 | 7,40 | 1,08 | 1,01 | 0,862 | 4,30 | 4,73 | 3,34 | 3,64 | 4,99 | 5,05 | 5,55 | 1,77 | 0,976 | 1,25 | 1,18 | 2,18 | 12,8 | 4,62 |
| Manganeso Total | 0,2 | mg/L | 0,09 | 0,06 | 0,53 | 1,72 | < 0,05 | < 0,05 | 0,08 | 0,15 | < 0,05 | 0,05 | 0,06 | < 0,05 | < 0,05 | 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | 0,09 | 0,39 | 1,73 |
| Mercurio Total | 0,001 | mg/L | < 0,0010 | < 0,0010 | < 0,0010 | < 0,0010 | < 0,0010 | < 0,0010 | < 0,0010 | < 0,0010 | < 0,0010 | < 0,0010 | < 0,0010 | < 0,0010 | < 0,0010 | < 0,0010 | < 0,0010 | < 0,0010 | < 0,0010 | < 0,0010 | < 0,0010 | < 0,0010 | < 0,0010 | < 0,0010 | < 0,0010 |
| Molibdeno Total | 0,01 | mg/L | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | 0,10 | 0,06 | 0,04 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | 0,04 | 0,03 | 0,05 | < 0,01 |
| Níquel Total | 0,2 | mg/L | < 0,01 | 0,02 | < 0,01 | < 0,01 | 0,02 | 0,02 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | < 0,01 | < 0,01 | 0,02 | 0,02 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| Plata Total | 0,2 | mg/L | < 0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | < 0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | < 0,05 |
| Plomo Total | 5 | mg/L | < 0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | < 0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | < 0,05 |
| Selenio Total | 0,02 | mg/L | <0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | 0,007 | < 0,005 | 0,010 | 0,024 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 |
| Vanadio Total | 0,1 | mg/L | 0,03 | 0,01 | 0,04 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 0,06 | 0,06 | < 0,01 | 0,07 | 0,07 | < 0,01 | < 0,01 | 0,01 | < 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | < 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,02 |
| Zinc Total | 2 | mg/L | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | < 0,30 | 0,36 |
| Coliformes Fecales por NMP | 1.000 | NMP/100 ml | < 2,00 | 7,80 | 7,80 | 4,00 | 13,0 | 13,0 | < 2,00 | 2,00 | 70,0 | 2,00 | 17,0 | 14,0 | 33,0 | 170 | < 2,00 | 350 | 4,50 | < 2,00 | < 2,0 | 350 | 2,00 | 33,0 | < 2,00 |

Fuente: Elaboración propia.

## CUADRO 4.3.4-2
## RESULTADOS SEGUNDA CAMPAÑA DE MONITOREO *IN SITU*

| Nombre Punto | pH | T (°C) | CE (mS/cm) | Descripción | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| AL2 | 8,90 | 7,3 | 2,10 | RÍO CASPANA AGUAS ABAJO POBLADO DE CASPANA | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| AL3 | 7,36 | 13,0 | 4,96 | RÍO SALADO, EN ESTACION DGA, AGUAS ABAJO POBLADO TOCONCE | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| AL4 | 6,55 | 16,8 | 5,23 | RÍO SALADO EN ESTACION DGA AGUAS ABAJO POBLADO AYQUINA | Rio arrastra arena depositada por lluvias |
| AL5 | 7,90 | 11,4 | 6,10 | RÍO SALADO, AGUAS ARRIBA CRUCE CON RUTA B-169 | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| AL6 | 7,81 | 14,5 | 6,28 | RÍO SALADO AGUAS ABAJO CRUCE CON RUTA B-169 | Acceso a punto original borrado por crecida |
| AL7 | 7,94 | 14,5 | 2,02 | RÍO LOA, EN ESTACION DGA AGUAS ABAJO EMBALSE CONCHI | Embalse conchi con vertedero en funcionamiento |
| AL8 | 8,33 | 14,7 | 2,28 | RÍO LOA, AGUAS ARRIBA POBLADO LASANA | Rio arrastra arena depositada por lluvias |
| AL9 | 8,10 | 12,3 | 2,55 | RÍO LOA, AGUAS ARRIBA POBLADO DE CHIU CHIU | Fecas de animales en la orilla |
| AL10 | 7,92 | 13,8 | 5,20 | RÍO LOA, AGUAS DEBAJO DE JUNTA CON RÍO SALADO | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| AL11 | 7,03 | 14,9 | 5,40 | RÍO LOA, SECTOR DENOMINADO "MARMOLERAS" | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| AL12 | 7,54 | 13,8 | 5,49 | RÍO LOA, SECTOR YALQUINCHA, EN BOCATOMA CANAL YALQUINCHA SUR | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| AL13 | 7,62 | 12,7 | 6,10 | RÍO LOA EN CALAMA, BOCATOMA CANAL TRONCO, AGUAS ABAJO PUENTE CAMINO A CHIU CHIU | Basura en el cauce del rio |
| AL14 | 8,15 | 16,0 | 6,06 | RÍO LOA EN CALAMA, AGUAS ABAJO PUENTE NEGRO | Punto original sin acceso |
| AL15 | 8,23 | 16,4 | 5,82 | RÍO LOA EN CALAMA, SECTOR TOPATER, EN BOCATOMA CANAL DEL MISMO NOMBRE | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| AL16 | 8,30 | 17,1 | 6,26 | RÍO LOA, AGUAS DEBAJO DE CALAMA EN SECTOR DENOMINADO LA CASCADA | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| AL17 | 5,45 | 23,0 | 2,90 | VERTIENTES TURI | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| AL18 | 6,35 | 19,5 | 2,02 | VERTIENTE AYQUINA | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| AL19 | 5,76 | 19,1 | 1,93 | VERTIENE PROYECTO AYQUINA | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| AL20 | 7,54 | 20,1 | 1,83 | AGUAS TRATADAS SECTOR CALAMA, EN PREDIO SRA. NOEMI CUEVAS | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| IS1 | 7,34 | 9,6 | 5,40 | EN RÍO SALADOS AGUAS ARRIBA AYQUINA | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| IS2 | 6,69 | 17,6 | 0,48 | EN VERTIENTE QUE ABASTECE A CANAL PANIRI 1 | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| IS3 | 6,35 | 14,8 | 0,46 | EN VERTIENTE QUE ABASTECE A CANAL PANIRI 2 | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| IS4 | - | - | - | EN VERTIENTE TANTOR, AYQUINA | Muestra no se toma por motivos de fuerza mayor |
| IS5 | - | - | - | EN VERTIENTE COLLER, AYQUINA | Muestra no se toma por motivos de fuerza mayor |
| IS6 | - | - | - | EN PILA SAN PABLO, AYQUINA | Muestra no se toma por motivos de fuerza mayor |
| IS7 | - | - | - | CANAL RIBERA IZQUIERDA RÍO LOA | Muestra no se toma por motivos de fuerza mayor |
| IS8 | - | - | - | CANAL RIBERA IZQUIERDA RÍO LOA, CANAL LA BANDA | Muestra no se toma por motivos de fuerza mayor |
| IS9 | - | - | - | CANAL DEL PUEBLO CHIU CHIU | Muestra no se toma por motivos de fuerza mayor |
| IS10 | - | - | - | EN CANAL GRANDE DE CHIU CHIU, CERCANO A BOCATOMA | Muestra no se toma por motivos de fuerza mayor |
| IS11 | 7,87 | 11,1 | 5,77 | CANAL TRONCO, EN LAS CERCANIAS DE BOCATOMA CANAL TAMBORES | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| IS12 | 8,18 | 10,3 | 6,05 | CANAL COCO LA VILLA EN COMPLEJO DEPORTIVO COBRELOA (URBANO) | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |

**CUADRO 4.3.4-2**
**RESULTADOS SEGUNDA CAMPAÑA DE MONITOREO *IN SITU***

| Nombre Punto | pH | T (°C) | CE (mS/cm) | Descripción | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| IS13 | - | - | - | CANAL COCO LA VILLA, RAMAL CERRO NEGRO (URBANO) | Muestra no se toma debido a que el canal coco la villa se encuentra sin agua hasta el mes de agosto |
| IS14 | 8,25 | 12,0 | 6,05 | CANAL LAILAI, ANTES CRUCE CON CAMINO A SAN PEDRO DE ATACAMA | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| IS15 | 8,39 | 12,2 | 6,06 | CANAL LAILAI ANTES CRUCE FERROCARRIL | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| IS16 | 8,41 | 12,7 | 6,07 | CANAL CHUNCHURI BAJO, EN ENTRADA A MEDIALUNA CALAMA | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| IS17 | 8,38 | 12,3 | 6,12 | CANAL CHUNCHURI BAJO | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| IS18 | 8,38 | 12,4 | 6,04 | CANAL TOPATER, AL COSTADO COLEGIO CHUQUICAMATA | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| IS19 | 8,09 | 12,0 | 5,89 | CANAL BERNA (SEMIURBANO) | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| IS20 | 8,18 | 12,9 | 5,94 | CANAL TRONCO EN PARCELAS (SEMIURBANO) | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| NU-01 | 8,12 | 11,5 | 2,40 | RÍO TOCONCE ANTES DE JUNTA CON RÍO SALADO | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| NU-02 | 7,87 | 13,1 | 7,05 | RÍO SALADO ANTES DE JUNTA CON RÍO TOCONCE | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |
| NU-03 | 6,51 | 7,3 | 10,74 | QUEBRADA SIN NOMBRE | No se observa basura, espuma o contaminante en el río. No se observaron pisadas de animales |

Fuente: Elaboración propia.

## 4.4. Análisis Territorial de la Calidad del Agua para Riego

### 4.4.1. Aspectos Generales

El análisis de la calidad del agua se realiza efectuando una revisión de los parámetros en los que se ha detectado que sobrepasan la NCh 1.333, tanto en el análisis de los datos históricos DGA, como en los resultados de la primera campaña de monitoreo.

Este análisis se efectúa utilizando diagramas que facilitan la visualización de la calidad de las aguas.

Para poder analizar la evolución de los parámetros en el territorio, se efectuó una evaluación de los resultados de las campañas de monitoreo, separando la información en dos grandes tramos:

- Río Salado, desde el punto AL1 ubicado en el río Toconce hasta AL6 ubicado cercano a la desembocadura del río Salado al río Loa.
- Río Loa, desde el punto AL7 ubicado aguas abajo del tranque Conchi, hasta el punto AL16.

En estos tramos se ha establecido la distancia respecto del punto inicial, realizando un gráfico que permita visualizar la distancia y los cambios del parámetro, de manera de efectuar un perfil concentración/distancia. Además, se han incluido etiquetas que permitan ubicar puntos de referencia territoriales en el eje de la distancia.

En el gráfico de incluyen los valores promedio del parámetro en las estaciones de calidad DGA presentes en el territorio y los valores muestreados en ambas campañas de monitoreo. Adicionalmente, en líneas punteadas se incluyen los valores promedio estacionales analizados en el estudio DGA, 2004.

### 4.4.2. Conductividad Eléctrica (CE)

En el Gráfico 4.4.2-1 se observa que la CE aumenta en la medida que se avanza hacia aguas abajo. En general se presenta un comportamiento similar a lo representado en el estudio DGA 2004. En la segunda campaña de terreno se han efectuados monitoreos en tres nuevos puntos, los que se han detallado en el Acápite 2.3. Los resultados muestran que el mayor aporte de sales al río Salado se presenta en la quebrada sin nombre, donde se ubica el punto NU-03, lo que es posible visualizar con mayor detalle en la Figura 4.4.2-1. Ambos monitoreos presentan valores concordantes con los valores históricos, sin embargo, al monitorear los sectores aguas arriba de Ayquina, se aprecia un aumento local de la salinidad en el primer muestreo. La tendencia es a tener aguas que según la NCh 1.333 puede ser usada para plantas tolerantes en suelos permeables con métodos de manejo cuidadosos.

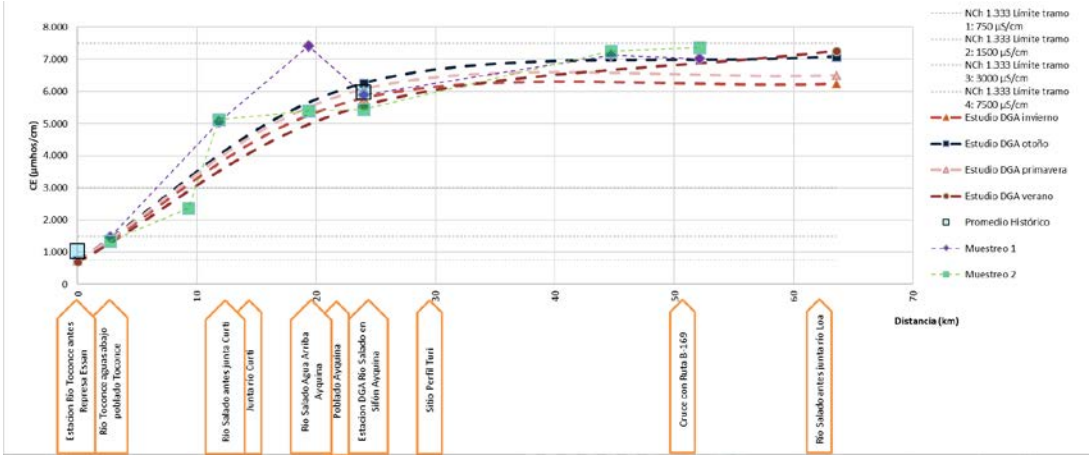



**GRÁFICO 4.4.2-1**
**PERFIL DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA RÍO SALADO**

Fuente: Elaboración propia, 2016.

**FIGURA 4.4.2-1**
**NUEVOS PUNTOS MONITOREO CUENCA RÍO SALADO**

Fuente: Elaboración propia, en base a imagen Google Earth.

En el Gráfico 4.4.2-2 se observa que para el río Loa la CE aumenta en la medida que se avanza aguas abajo, superando el valor máximo recomendado por la NCh 1.333 en el sector bajo de Calama. El aporte correspondiente a la desembocadura del río Salado en el río Loa se produce aproximadamente a 40 km aguas abajo de la estación "DGA Aguas Abajo Embalse Conchi", lo que guarda relación con el aumento que se presenta en esa zona del gráfico. En general, los valores se ajustan a la tendencia estacional del estudio DGA 2004; según este no existirían grandes diferencias entre las distintas estaciones. Los valores de ambos muestreos permiten visualizar el efecto producido por el aporte del río Salado en el Loa. Ambos muestreos se adecúan al comportamiento histórico del parámetro.

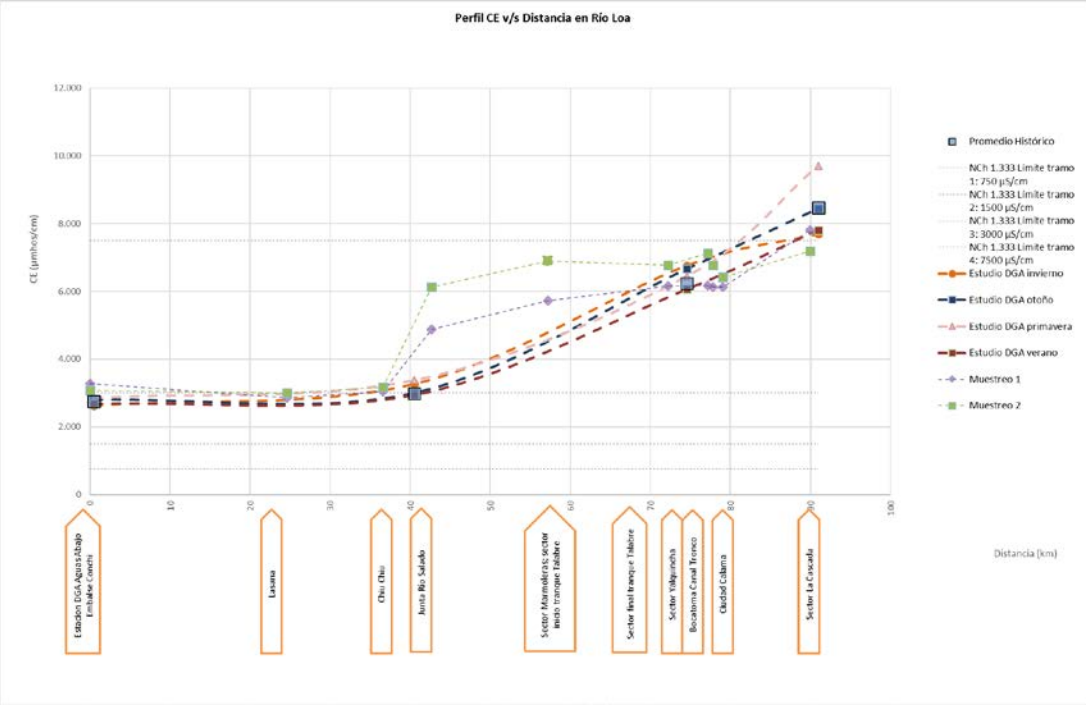



**GRÁFICO 4.4.2-2**
**PERFIL DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA RÍO LOA**

Fuente: Elaboración propia, 2016.

**CUADRO 4.4.2-1**
**CATEGORÍAS CLASIFICACIÓN CE**

| Clasificación | CE | Color |
|---|---|---|
| Baja | CE < 750 | |
| Media | 750 < CE < 1.500 | |
| Alta | 1.500 < CE < 3.000 | |
| Muy alta | 3.000 < CE < 7.500 | |
| Excepcionalmente alta | CE > 7.500 | |

Fuente: Elaboración propia, a partir de los valores de la NCh 1.333 de agua para riego.

Para visualizar los valores en el territorio, se clasificaron los puntos en 5 categorías, basándose en la clasificación de rangos de Conductividad Eléctrica (CE) presentes en la NCh 1.333 para aguas de riego. Esta clasificación se presenta en el Cuadro 4.4.2-1. Posteriormente, para entregar la información en forma visual, se han clasificado los puntos por color, según los valores de CE obtenidos, lo que se presentan en el mismo cuadro.

Los resultados se presentan en la Figura 4.4.2-2, donde se aprecian sectores donde los valores de CE son bajos, como es el sector de Paniri, sectores donde la CE medida tiene valores medios como en el río Toconce, sectores donde los valores de CE son altos, como el sector de Ayquina, de Turi y Lasana. El sector donde el valor de CE es muy alto es en el sector bajo de Calama,

denominado sector La Cascada, lo que coincide con los valores de la estación río Loa en La Finca. Se destaca dentro de los resultados el valor medio obtenido en la muestra de aguas servidas tratadas, correspondiente al punto AL-20.

Los altos valores de CE que se presentan en el área de estudio limitan las posibilidades de cultivos, pudiendo desarrollarse solamente especies tolerantes a los altos niveles de salinidad. Según los antecedentes recopilados en terreno, los cultivos que se encuentran adaptados corresponden al maíz y a la alfalfa locales.

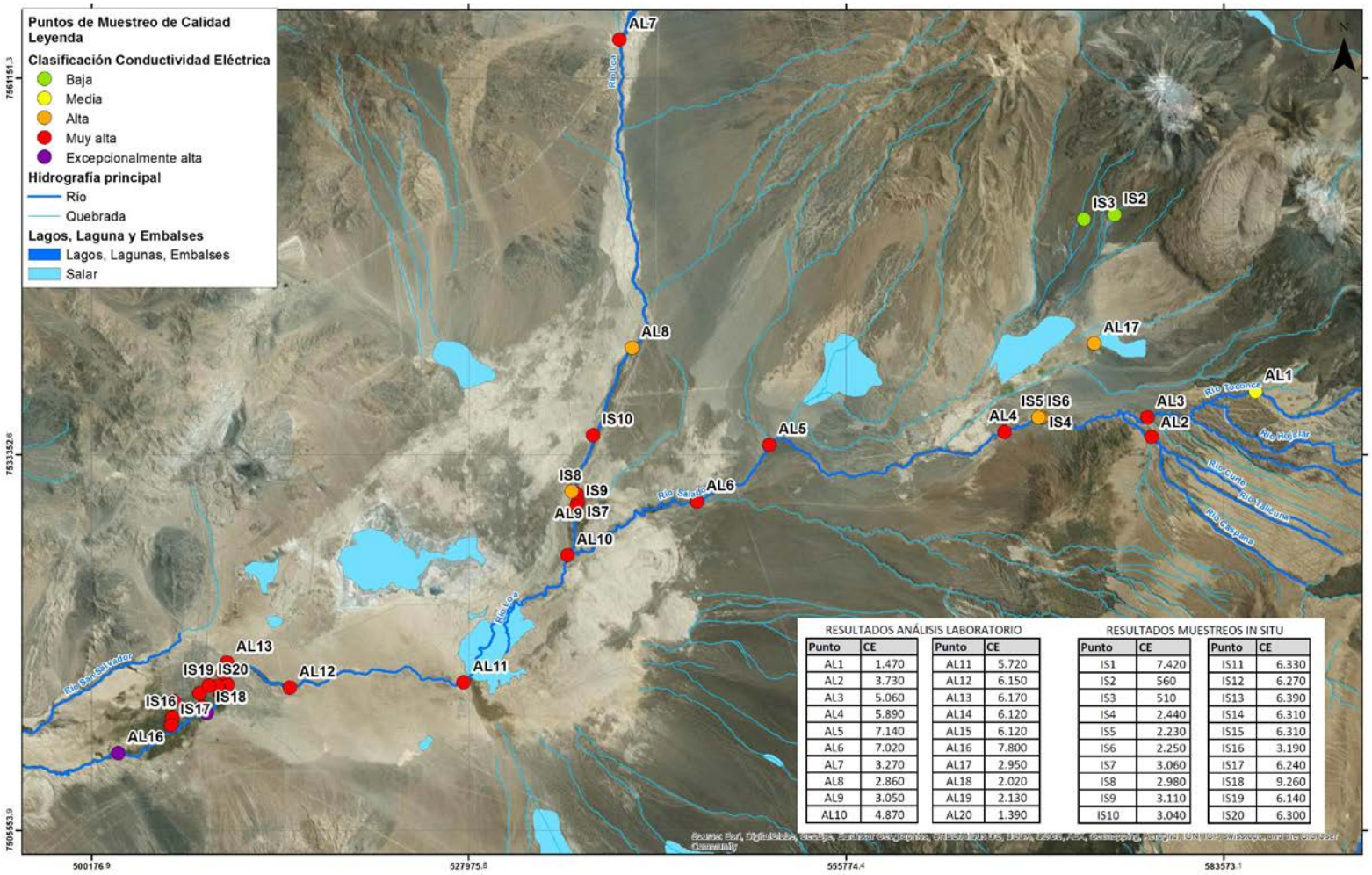
Valores elevados de CE podrían provocar pérdida de rendimiento de cultivos; salinización del suelo producto del riego repetido, en que las sales pueden acumularse progresivamente, reduciendo el agua disponible para el cultivo (FAO, 1985[1]). A su vez, puede dañar cultivos sensibles y generar la obstrucción en los sistemas de riego por goteo. Adicionalmente, al indicar la presencia de sales, una alta CE puede significar una alteración de las características organolépticas del agua.

Según el estudio FAO 29 (1985), las especies tolerantes corresponden a: cebada, algodón, jojoba, remolacha, grama, grama salada, espárragos y dátiles.

Según el estudio DGA 2004, el origen de los altos niveles de CE corresponde a la disolución y lixiviación de la gran cantidad de sales minerales y metales presentes en el suelo, la litología y volcanismo de la cuenca, la que se caracteriza por tener formaciones geológicas de origen volcánicas fracturadas, rocas carbonatadas y formaciones sedimentarias que hasta antes el periodo geológico terciario formaron parte del fondo marino. Los factores que a continuación se detallan individualizan con mayor precisión el aumento de concentraciones de iones.

- La alta radiación solar que existe a esta latitud permite una tasa elevada de evaporación de agua, lo cual origina en consecuencia una concentración de varios parámetros de calidad.

[1] FAO, 1985. Water quality for agriculture. FAO Irrigation And Drainage Paper 29 rev. 1.




RESULTADOS ANÁLISIS LABORATORIO

| Punto | CE | Punto | CE |
|---|---|---|---|
| AL1 | 1.470 | AL11 | 5.720 |
| AL2 | 3.730 | AL12 | 6.150 |
| AL3 | 5.060 | AL13 | 6.170 |
| AL4 | 5.890 | AL14 | 6.120 |
| AL5 | 7.140 | AL15 | 6.120 |
| AL6 | 7.020 | AL16 | 7.800 |
| AL7 | 3.270 | AL17 | 2.950 |
| AL8 | 2.860 | AL18 | 2.020 |
| AL9 | 3.050 | AL19 | 2.130 |
| AL10 | 4.870 | AL20 | 1.390 |

RESULTADOS MUESTREOS IN SITU

| Punto | CE | Punto | CE |
|---|---|---|---|
| IS1 | 7.420 | IS11 | 6.330 |
| IS2 | 560 | IS12 | 6.270 |
| IS3 | 510 | IS13 | 6.390 |
| IS4 | 2.440 | IS14 | 6.310 |
| IS5 | 2.230 | IS15 | 6.310 |
| IS6 | 2.250 | IS16 | 3.190 |
| IS7 | 3.060 | IS17 | 6.240 |
| IS8 | 2.980 | IS18 | 9.260 |
| IS9 | 3.110 | IS19 | 6.140 |
| IS10 | 3.040 | IS20 | 6.300 |

**FIGURA 4.4.2-2**
**CLASIFICACIÓN RESULTADOS CE**

Fuente: Elaboración propia, 2016.

- En la zona geomorfológica de altiplano y de montaña el agua tiende a cambiar a fase vapor, lo cual permite la concentración de los parámetros de calidad.
- El río Salado, adiciona un gran contenido de iones al Loa. El origen salobre de este río proviene de las recargas de aguas geotermales (baños de Turi y geiser del Tatio), su paso por la cercanía a salares como el de Turi y a la litología propia del lugar constituida por rocas volcánicas fracturadas como tobas ignimbríticas que adicionan Na / $HCO_3^-$ y Andesitas del Cuaternario adicionan al agua compuestos del tipo Na-Ca-$SO_4^{-2}$, los cuales acidifican las aguas de este tributario.
- El Loa antes de llegar a Calama atraviesa en toda su extensión al Salar de Rudolph, el cual le cambia su composición química notablemente.
- La formación geológica ubicada en el sector de Calama se encuentra constituida por un gran depósito de rocas carbonatadas constituidas por calizas areniscas y lutitas calcáreas.
- En la zona geomorfológica de desierto, se encuentran capas de sales minerales conocidas como caliches, las cuales son fuentes permanentes de aporte de iones a las aguas del Loa.

### 4.4.3. Arsénico

En el análisis realizado para el arsénico de la información de las estaciones de la DGA se observa que en todas las estaciones se supera el valor normado para riego. Lo mismo ocurre con los muestreos realizados.

Al igual que en el ítem anterior, se realiza un perfil de relación entre la distancia y los valores obtenidos de arsénico, los que se presentan en los Gráficos 4.4.3-1 y 4.4.3-2.

En el perfil se puede apreciar que los valores de arsénico aumentan bruscamente en el primer tramo estudiado, lo que se observa más bruscamente en el segundo muestreo (dado que el valor presentado en AL-03 se encuentra fuera del rango histórico, se solicitó su revisión por parte del laboratorio que realizó el análisis, confirmándose el valor. Ver Anexo 4-5). Se aprecia que en el sector de Ayquina los valores disminuyen, lo que podría deberse a un efecto de dilución con las aguas que se aportan al río en los afloramientos de vertientes que ahí existen. En la estación DGA en sifón Ayquina se observa una diferencia en los valores estacionales que se presentan, presentándose valores más altos durante los meses de verano. Los valores del estudio actual, a excepción de lo indicado para AL-03, siguen la tendencia de la curva que representa esa estación.

Para el río Loa se visualiza un aumento en directa relación con la distancia luego del aporte del río Salado, el que se mantiene entre el sector de las marmoleras y el sector de la bocatoma del canal Topater. Posteriormente se vuelve a apreciar un incremento en el sector de

La Cascada. Si bien las curvas no son completamente coincidentes, se mantiene la tendencia presentada en el estudio de la DGA 2004, a excepción del último tramo del segundo muestreo, donde los valores de arsénico son más bajos que el valor histórico. Según el estudio DGA la concentración en la cuenca del río Loa es creciente de aguas arriba hacia aguas abajo.

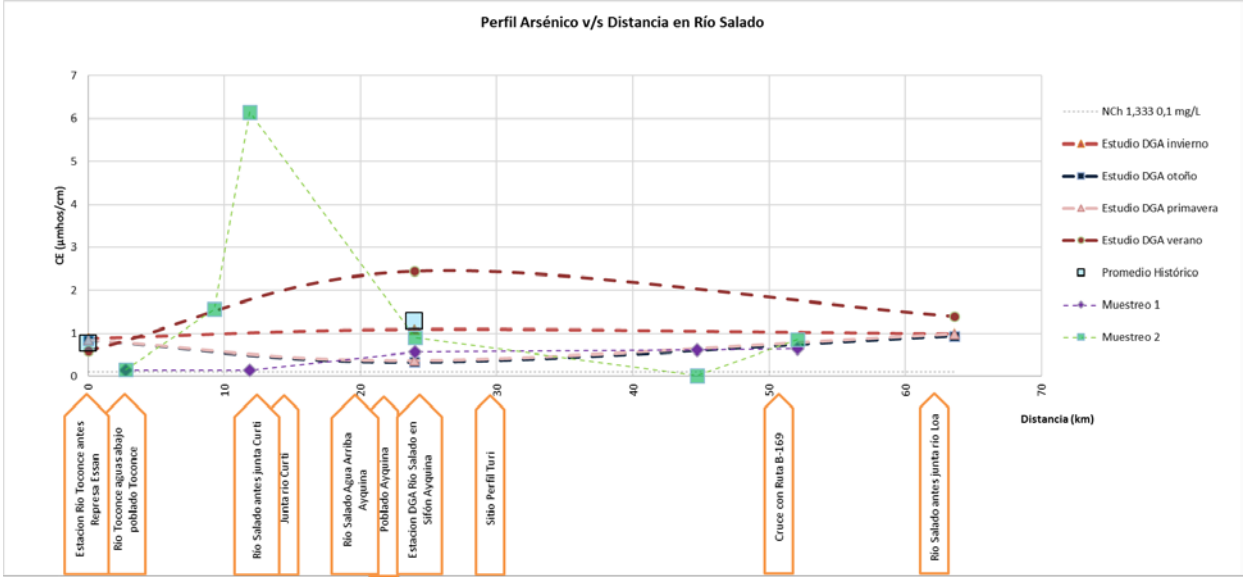



**GRÁFICO 4.4.3-1**
**PERFIL DISTANCIA / ARSÉNICO RÍO SALADO**

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Para visualizar los valores en el territorio, se clasificaron los puntos en 4 categorías, permitiendo visualizar la amenaza por medio de la cantidad de veces que el valor medido supera la NCh 1.333 para aguas de riego. Esta clasificación se presenta en el Cuadro 4.4.3-1. Posteriormente, para entregar la información en forma visual, se han clasificado los puntos por color, según los valores de arsénico obtenidos, lo que se presentan en el mismo cuadro y en la Figura 4.4.3-1.

El sector donde se observa que la concentración de arsénico es muy alta corresponde al río Salado aguas arriba de Ayquina, el valor medido está antes de la quebrada Curti. En el río Loa desde el sector denominado “marmoleras” se presentan valores altos de arsénico, hasta la última medición ubicada en el sector “La Cascada”. Dentro del área de Calama las aguas tratadas, medidas en el punto Al-20 son la excepción, superando la norma por un poco más de una vez.

**CUADRO 4.4.3-1**
**CATEGORÍAS CLASIFICACIÓN ARSÉNICO**

| Clasificación | Valor obtenido / valor normado As | Color |
|---|---|---|
| Baja | Supera norma menos de 5 veces | |
| Media | Supera norma más de 5 y menos de 10 veces | |
| Alta | Supera norma más de 10 y menos de 20 veces | |
| Muy alta | Supera norma más de 20 veces | |

Fuente: Elaboración propia.

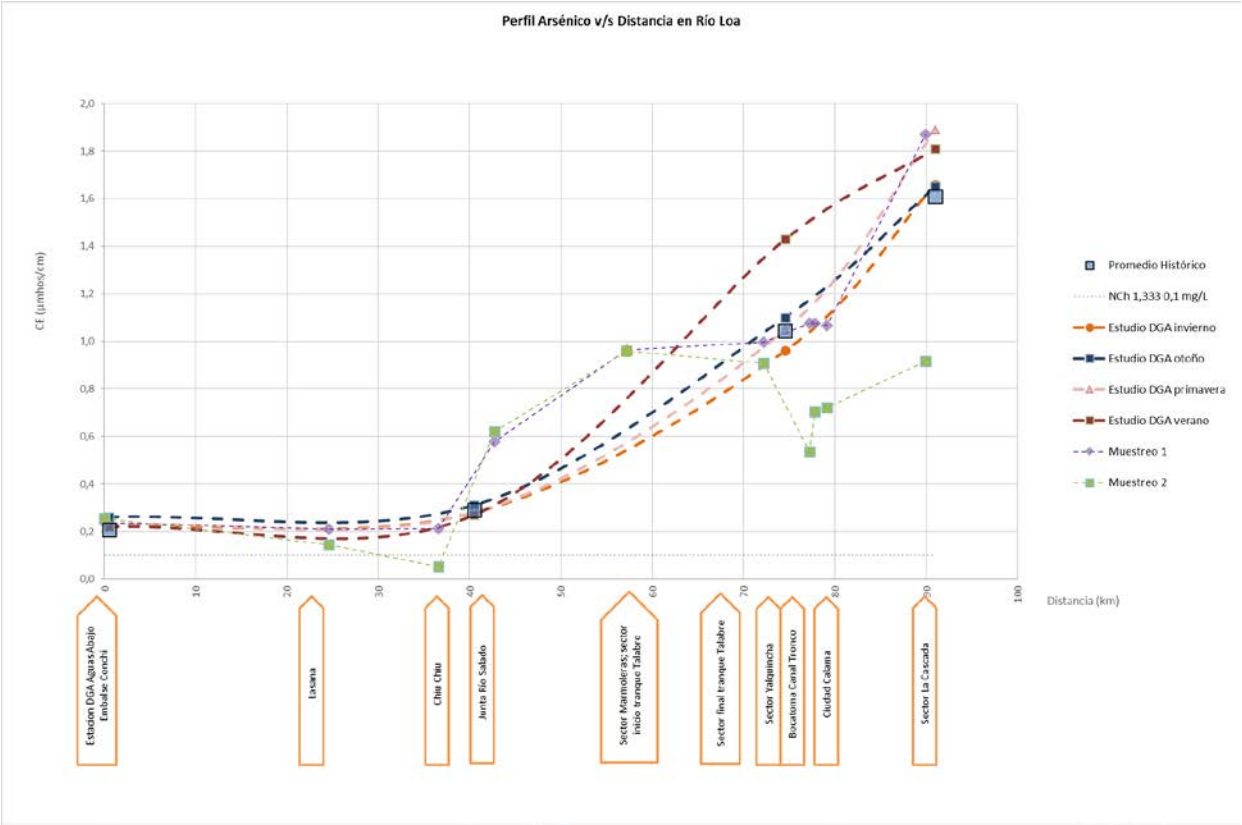



**GRÁFICO 4.4.3-2**
**PERFIL DISTANCIA / ARSÉNICO RÍO LOA**

Fuente: Elaboración propia, 2016.

El efecto principal del arsénico en las plantas se observa en la destrucción de la clorofila del follaje, como consecuencia de la inhibición de la producción de enzimas relacionadas con su generación dentro de la planta. Se ha demostrado, además, que el arsénico

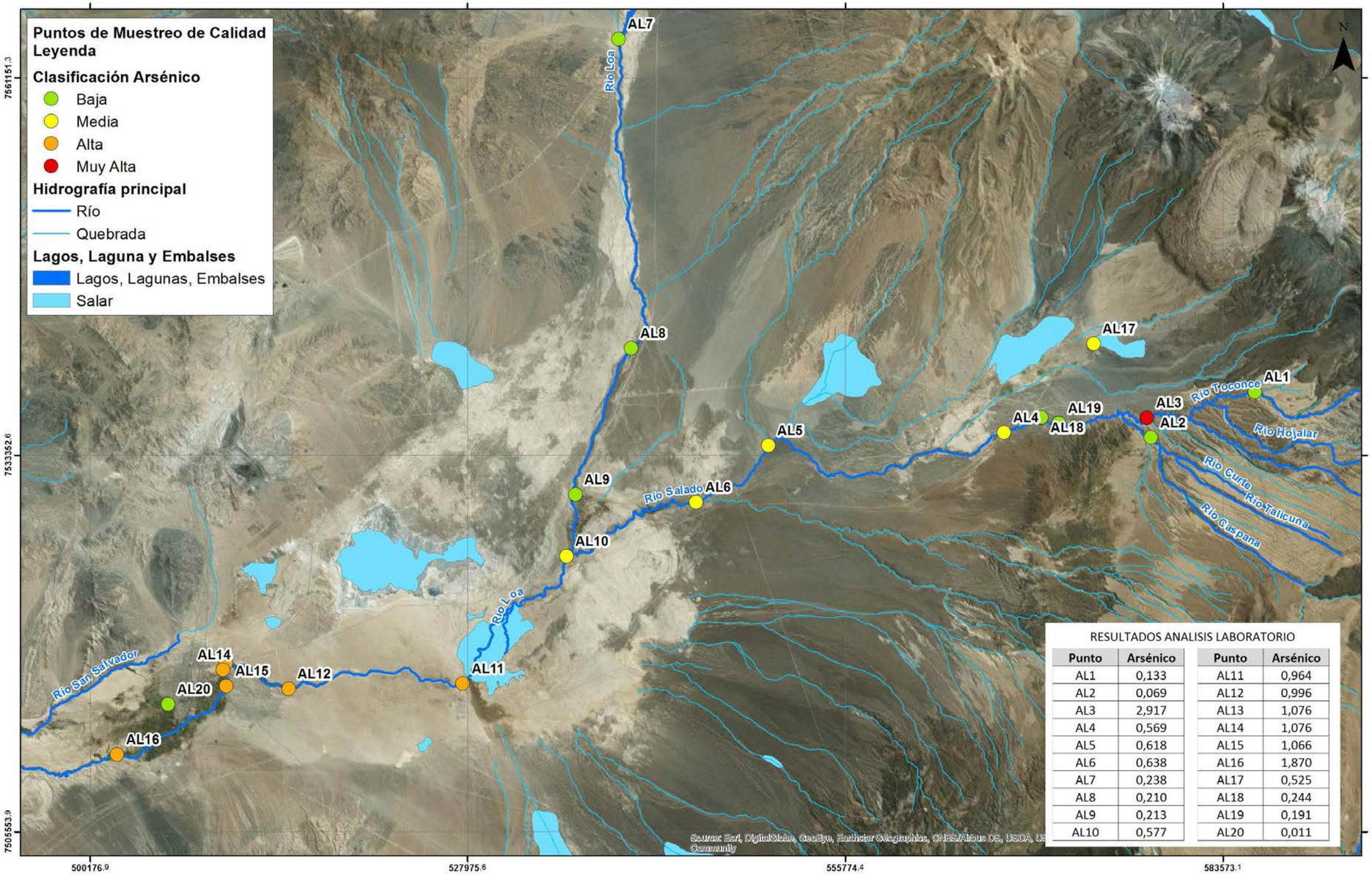
es genotóxico, reduciendo la división celular en meristemas radiculares, y, por ende, es capaz de reducir el crecimiento de raíces en plantas regadas con altos contenidos del metal[2], afectando el desarrollo completo del vegetal. Ya que el arsénico también es tóxico para los seres humanos, el consumo de las partes consumibles de la planta que contienen arsénico acumulado es nocivo (SAG, 2005[3]). Por lo anterior, se podrían provocar efectos negativos sobre la población a través del consumo de cultivos hortícolas y la contaminación de los suelos. Adicionalmente, el Arsénico es un contaminante importante del agua de consumo, ya que es una de las pocas sustancias que se ha demostrado que producen cáncer en el ser humano por consumo de agua potable. Hay pruebas abrumadoras, de estudios epidemiológicos, de que el consumo de cantidades altas de arsénico en el agua potable está relacionado causalmente con el desarrollo de cáncer en varios órganos, en particular la piel, la vejiga y los pulmones. En varias partes del mundo, las enfermedades producidas por el arsénico constituyen un problema significativo de salud pública (OMS, 2006[4]).

Si se toman en cuenta los valores de Arsénico en los suelos, todos los valores presentes en el sector de Calama son cercanos o superiores a 50 mg As/kg. En la literatura consultada se establece que este valor podría reducir el crecimiento de la planta más del 50% en plantas tolerantes.

En el año 1993 se realizaron estudios tendientes a analizar la cantidad de arsénico en los alimentos, respecto del Reglamento Sanitario de los Alimentos (MINSAL, 1982) que indican un máximo de 1 y 0,12 ppm de arsénico para alimentos sólidos y líquidos respectivamente, se llegó a la conclusión que en todos los casos -menos uno- superaban dichos límites en el caso de las muestras de follaje de cultivos. En el grupo de vegetales de grano ningún caso superó el estándar, en el caso de los vegetales de bulbos o raíces se detectaron niveles superiores a la norma sólo en el caso de la betarraga, a pesar de provenir de suelos clasificados como de niveles bajos y medios de arsénico. El arsénico no alcanza a movilizarse desde las hojas a los granos y aunque el suelo sea arsenical las especies estudiadas traslocan solo pequeñas cantidades a los frutos y semillas (SAG, 2005[5]).

El origen de este parámetro es la gran cantidad de sales y metales presentes en la litología de la cuenca, en especial la franja metalogénica F-8 presente en la zona es rica en arsénico, lo cual se manifiesta como un contaminante de importancia en la minería del cobre de la región (DGA, 2004).

[2]García Et al., 2006. Daños Tóxicos en Tejidos Vegetales, Producidos por Aguas Contaminadas con Arsénico en Zimapán, Hidalgo, México.
[3] SAG, 2005. Criterios de Calidad de Aguas o Efluentes Tratados para Uso en Riego.
[4] OMS, 2006. Guías para la Calidad del Agua Potable.
[5] SAG, 2005. Análisis General del Impacto Económico de Norma Secundaria de Calidad de Aguas del río Loa en el Sector Silvoagropecuario.




RESULTADOS ANALISIS LABORATORIO

| Punto | Arsénico | Punto | Arsénico |
|---|---|---|---|
| AL1 | 0,133 | AL11 | 0,964 |
| AL2 | 0,069 | AL12 | 0,996 |
| AL3 | 2,917 | AL13 | 1,076 |
| AL4 | 0,569 | AL14 | 1,076 |
| AL5 | 0,618 | AL15 | 1,066 |
| AL6 | 0,638 | AL16 | 1,870 |
| AL7 | 0,238 | AL17 | 0,525 |
| AL8 | 0,210 | AL18 | 0,244 |
| AL9 | 0,213 | AL19 | 0,191 |
| AL10 | 0,577 | AL20 | 0,011 |

**FIGURA 4.4.3-1**
**CLASIFICACIÓN RESULTADOS ARSÉNICO**

Fuente: Elaboración propia, 2016.

### 4.4.4. Boro

Al igual que en el ítem anterior, se realiza un perfil de relación entre la distancia y los valores obtenidos de arsénico, los que se presentan en los Gráficos 4.4.4-1 y 4.4.4-2.

En el análisis realizado para el boro, de la información de las estaciones de la DGA, se observa que en todas las estaciones se supera el valor normado para riego. Lo mismo ocurre con los dos monitoreos realizados. En el estudio DGA se da cuenta de un comportamiento diferente para cada estación, siendo en otoño donde se presentan los valores más bajos. En los monitoreos realizados, se observa una disminución de los valores para boro en el sector de Ayquina, lo que puede deberse al afecto de dilución, debido a las vertientes que afloran en el sector. El comportamiento de los valores presentados en el primer muestreo se asimilan a los valores que se presentan en primavera. El comportamiento de los valores presentados en el segundo muestreo, se asimilan a los valores históricos de invierno.

En el río Salado se puede apreciar un efecto de disminución en la concentración del parámetro en el sector de Ayquina, lo que podría atribuirse a un efecto de dilución provocado por los aportes de distintos afloramientos que hay en el sector.

En el Gráfico 4.4.4-2 para el río Loa los valores históricos presentan un comportamiento diferente en las distintas estaciones. Se observa, en ambos muestreos, un aumento de la concentración de boro en el sector donde se reciben los aportes del río Salado, valores que vuelven siguen aumentando hacia aguas abajo, a pesar que hay bajas, la tendencia es creciente. En el área de estudio las mayores concentraciones se presentan en las mediciones realizadas en el invierno, las menores concentraciones se presentan en verano y otoño.

Para visualizar los valores en el territorio, se clasificaron los puntos en 4 categorías, permitiendo visualizar la amenaza por medio de la cantidad de veces en que el valor medido supera la NCh 1.333 para aguas de riego. Esta clasificación se presenta en el Cuadro 4.4.4-1. Posteriormente, para entregar la información en forma visual, se han clasificado los puntos por color, según los valores de boro obtenidos, lo que se presentan en el mismo cuadro y en la Figura 4.4.4-1.

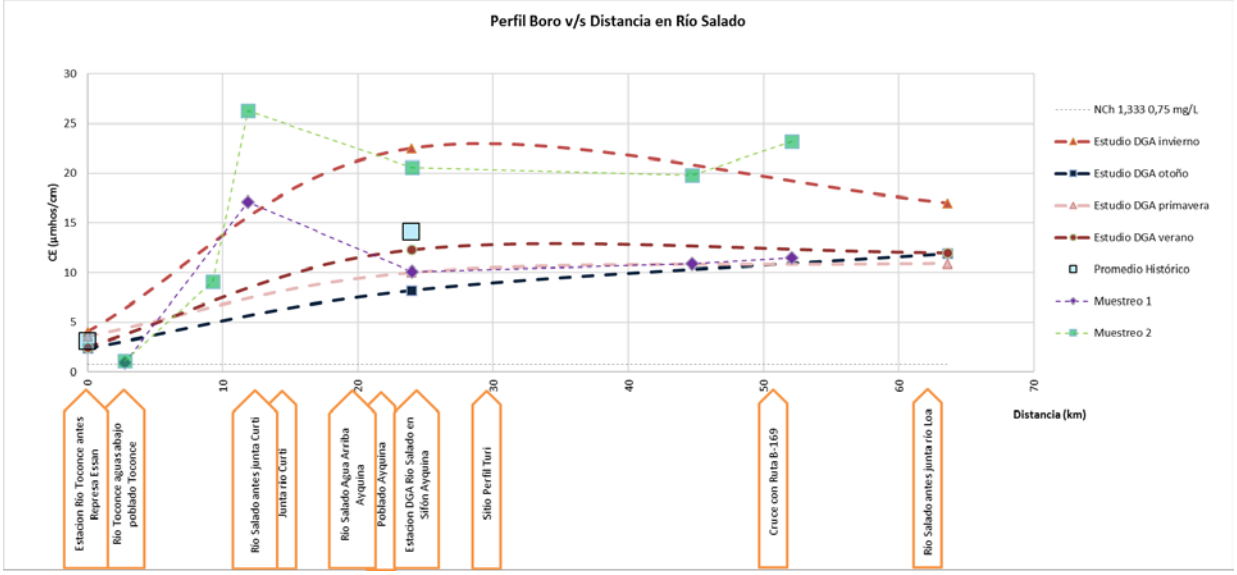



**GRÁFICO 4.4.4-1**
**PERFIL DISTANCIA / BORO RÍO SALADO**

Fuente: Elaboración propia, 2016.

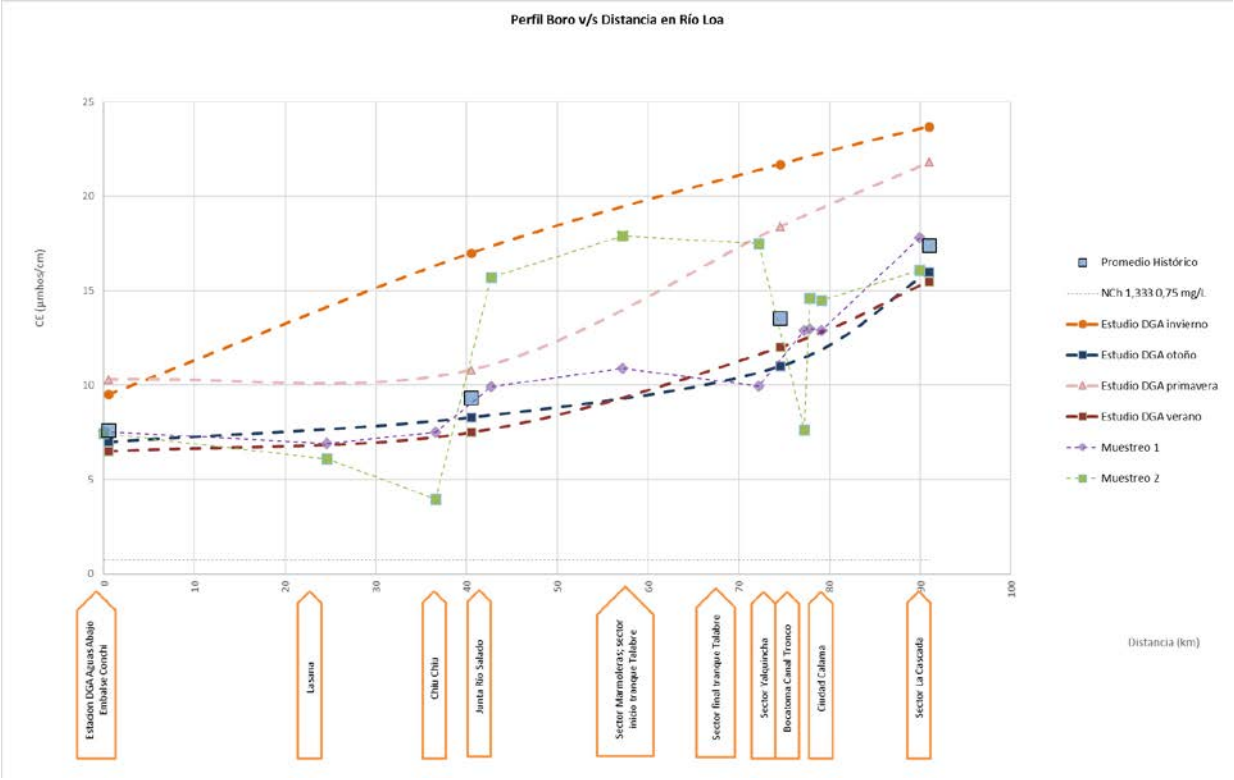



**GRÁFICO 4.4.4-2**
**PERFIL DISTANCIA / BORO RÍO LOA**

Fuente: Elaboración propia, 2016.

El sector donde se observa que la concentración de boro es muy alta corresponde al río Salado aguas arriba de Ayquina, el valor medido está antes de la quebrada Curti, tal como se aprecia en los gráficos precedentes, los valores disminuyen en el sector donde se ubica Ayquina, pero vuelven a presentarse valores altos en el sector del sifón Ayquina. En el río Loa se presentan algunas fluctuaciones, pero en general los valores son altos, sin embargo en la última medición ubicada en el sector "La Cascada" se presenta un valor muy alto. Dentro del área de Calama las aguas tratadas, medidas en el punto Al-20 son la excepción, presentando un valor medio.

**CUADRO 4.4.4-1**
**CATEGORÍAS CLASIFICACIÓN BORO**

| Clasificación | Valor obtenido / valor normado As | Color |
|---|---|---|
| Baja | Supera norma menos de 5 veces | |
| Media | Supera norma más de 5 y menos de 10 veces | |
| Alta | Supera norma más de 10 y menos de 20 veces | |
| Muy alta | Supera norma más de 20 veces | |

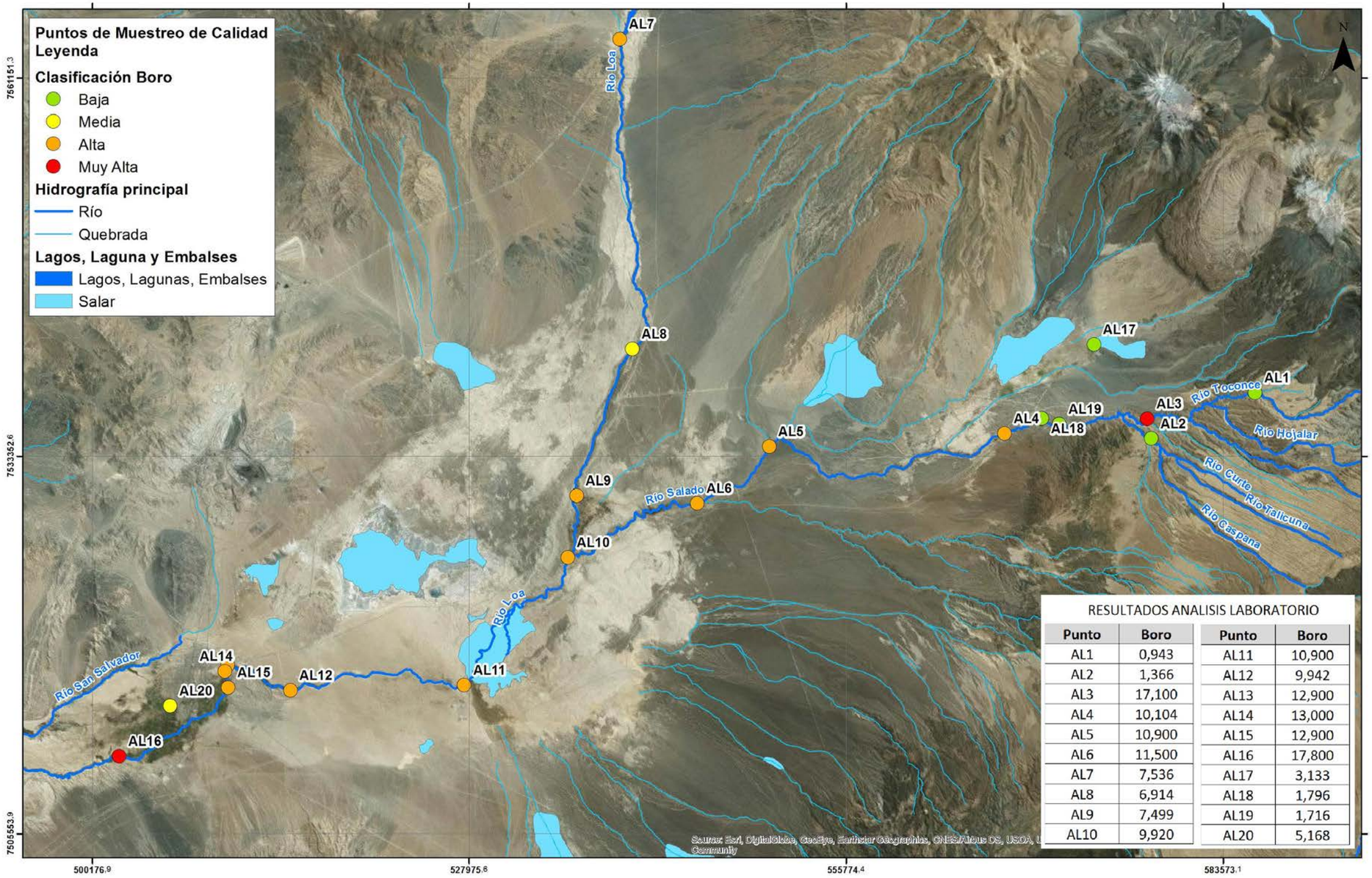
Fuente: Elaboración propia.

Según los datos de tolerancia de diferentes cultivos que pudieran establecerse sin que el alto nivel de boro resultara tóxico, serían aquellos de moderadamente sensible a muy tolerante. Esto se presenta en el Cuadro 4.4.4-2.

Según los valores determinados para el río Salado, se ve que los cultivos deben ser muy tolerantes al boro, debido a los valores, en su mayoría superiores a los 6 mg/L, a excepción del valor tomado en el río Toconce.

Los valores determinados para el río Loa dan cuenta que todos los sectores tienen valores superiores a 6 mg/L, por lo que en estos sectores se deben utilizar especies muy tolerantes.

Según los antecedentes presentados en el estudio DGA 2004, el origen de este parámetro se debe tanto a factores naturales como antropogénicos. Los factores naturales se deben principalmente a los depósitos de bórax y ácido bórico existente en los salares y en rocas de origen sedimentarias ubicadas en la zona geomorfológica de desierto.




RESULTADOS ANALISIS LABORATORIO

| Punto | Boro | Punto | Boro |
|---|---|---|---|
| AL1 | 0,943 | AL11 | 10,900 |
| AL2 | 1,366 | AL12 | 9,942 |
| AL3 | 17,100 | AL13 | 12,900 |
| AL4 | 10,104 | AL14 | 13,000 |
| AL5 | 10,900 | AL15 | 12,900 |
| AL6 | 11,500 | AL16 | 17,800 |
| AL7 | 7,536 | AL17 | 3,133 |
| AL8 | 6,914 | AL18 | 1,796 |
| AL9 | 7,499 | AL19 | 1,716 |
| AL10 | 9,920 | AL20 | 5,168 |

**FIGURA 4.4.4-1**
**CLASIFICACIÓN RESULTADOS BORO**

Fuente: Elaboración propia, 2016.

**CUADRO 4.4.4-2**
**TOLERANCIA AL BORO DE DIFERENTES CULTIVOS**

| Muy Sensible <0,5 mg/L | Sensible 0,5 – 0,75 mg/L | Sensible 0,75 – 1,0 mg/L | Moderadamente | | Tolerante 4,0 – 6,0 mg/L | Muy tolerante 6,0 – 15,0 mg/L |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Sensible 1,0 – 2,0 mg/L | Tolerante 2,0 – 4,0 mg/L | | |
| Limón | Pomelo | Olivo | Pimiento | Lechuga | Tomate | Algodón |
| Mora | Naranjo | Ajo | Zanahoria | Maíz | Alfalfa | Espárrago |
| Nogal | Trigo | Papa | Zapallo | Remolacha | | |
| Cebolla | Cebada | Arveja | Alcachofa | Perejil | | |
| Ajo | Frutilla | Rábano | | | | |
| | Poroto | | | | | |

Fuente: INIA, 2012[6].

En la parte alta de la cuenca se encuentran varios salares que constituyen evaporitas con alto contenido de – bórax y ácido bórico -, las cuales hacen permanentemente aportes importantes al Loa y tributarios.

En las cercanías de Calama, el río atraviesa el Salar de Rudolph, el cual adiciona una gran cantidad de boro disuelto al río.

Finalmente, las recargas del río por agua subterráneas aporta los lixiviados del subsuelo los que se agregan en ciertos puntos desde donde emergen como vertientes.

El aporte antrópico de boro al Loa queda dado principalmente por los drenajes difusos de los materiales de acopio de estériles de yacimientos de bórax en los alrededores del río Salado.

Respecto a la salud pública, si bien, existe un estudio del Ministerio de Salud que dice que no existe evidencia de efectos reproductivos adversos, estadísticamente significativos, en varones jóvenes y mujeres (específico para la comuna de Arica), sí existe evidencia que las exposiciones tanto breves como prolongadas, de animales de laboratorio al ácido bórico y al bórax vía oral, invariablemente producen toxicidad en el aparato reproductor masculino. Además, se ha demostrado su embriotoxicidad en ratas, ratones y conejos (Oficio Ordinario 3.222/2014, Cámara de Diputados). En humanos la toxicidad se manifiesta a través de convulsiones generalizadas o focales, irritabilidad y problemas gastrointestinales (OMS, 2003[7]).

[6] INIA, 2012. Protocolos de Buenas Prácticas Agrícolas para los Principales Cultivos Hortícolas y Forrajeras. Provincias El Loa y Atacama La Grande.

[7] OMS, 2003. Boron in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Dinking-water Quality.

## 4.4.5. Cloruro

En todas las estaciones analizadas para el cloruro, a excepción de la ubicada en el río Toconce, el valor promedio supera el valor normado. Todos los valores medidos superan el valor normado. Al igual que en el ítem anterior, se realiza un perfil de relación entre la distancia y los valores obtenidos de cloruros, los que se presentan en los Gráficos 4.4.5-1 y 4.4.5-2.

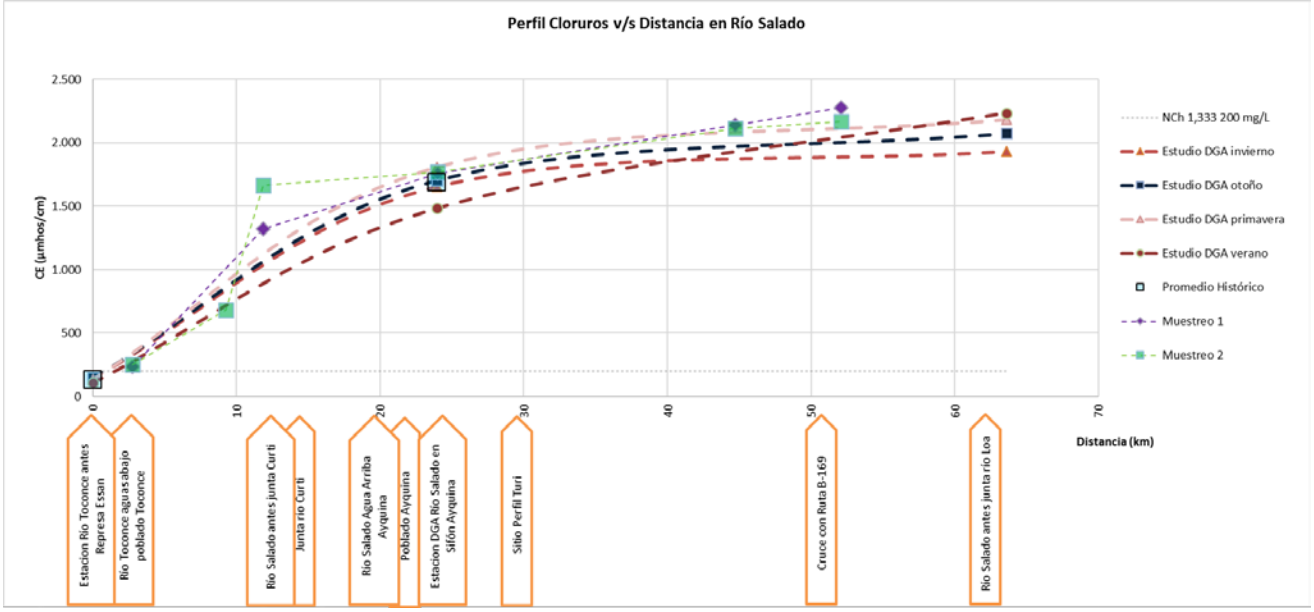



**GRÁFICO 4.4.5-1**
**PERFIL DISTANCIA / CLORURO RÍO SALADO**

Fuente: Elaboración propia, 2016.

A diferencia del análisis efectuado para los parámetros anteriores, no se observa un efecto de dilución en el sector de Ayquina, de hecho se observa que la tendencia es creciente en todo el curso del río Salado, siguiendo la misma tendencia que el estudio DGA del año 2004.

En el río Loa se observa que los valores crecen en el sector donde se produce el aporte de agua desde el río Salado, para posteriormente aumentar notablemente en el último punto correspondiente al sector La Cascada, cosa que se corrobora en ambos muestreos.

Según el estudio DGA, 2004 la concentración de cloruros en la cuenca del río Loa es creciente de aguas arriba hacia aguas abajo, pudiendo observarse el mismo efecto en el sector donde se produce la entrega del río Salado al río Loa, además se aprecia que los valores medios por estación del año son bastante similares entre las cuatro estaciones.

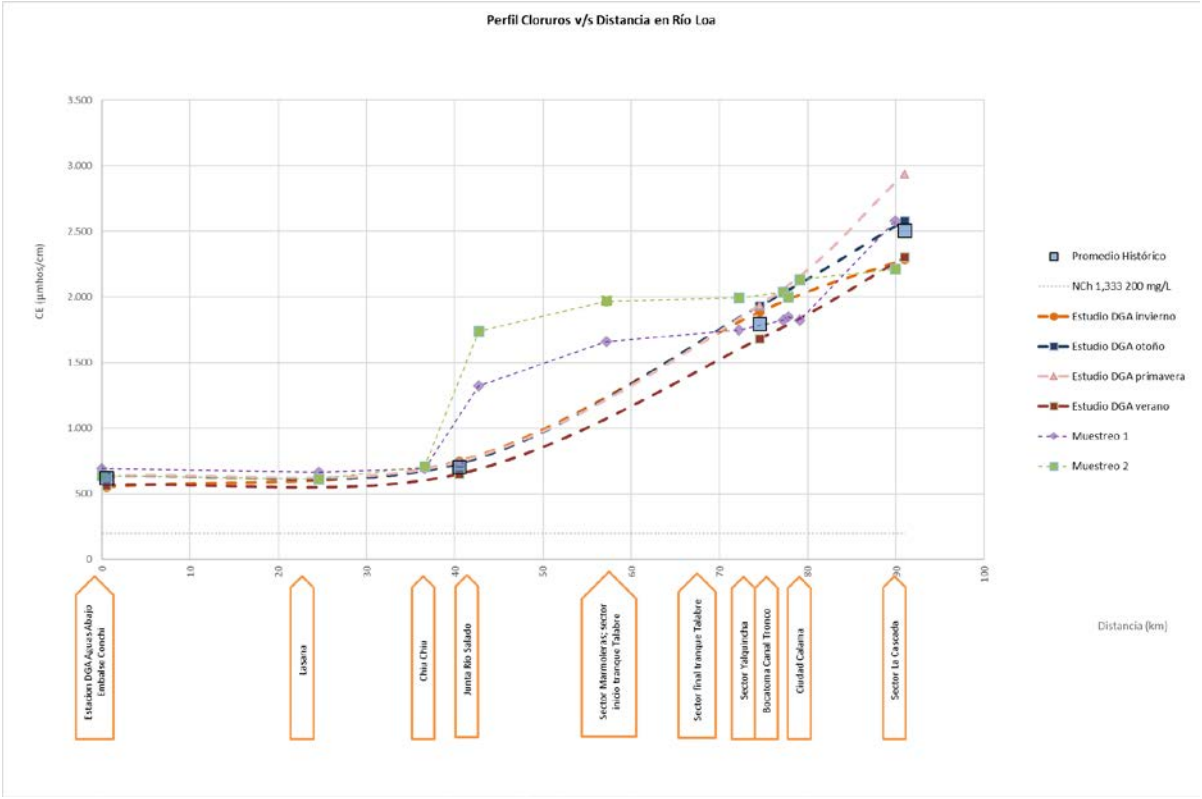



**GRÁFICO 4.4.5-2**
**PERFIL DISTANCIA / CLORURO RÍO LOA**

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Para visualizar los valores en el territorio, se clasificaron los puntos en 3 categorías, permitiendo visualizar la amenaza por medio de la cantidad de veces que el valor medido supera la NCh 1.333 para aguas de riego. Esta clasificación se presenta en el Cuadro 4.4.5-1. Posteriormente, para entregar la información en forma visual, se han clasificado los puntos por color, según los valores de cloruro obtenidos, lo que se presentan en el mismo cuadro y en la Figura 4.4.5-1.

Respecto del cloruro, la clasificación de muy alta no se incluye, ya que no se supera la norma por más de 20 veces.

El sector donde se observa que la concentración de cloruro es alta corresponde al río Salado aguas abajo de Ayquina. En el río Loa se presentan valores bajos hasta el sector de la junta de los ríos, donde los cloruros pasan a valores medios inclusive en la medición de las aguas servidas tratadas. En la última medición ubicada en el sector “La Cascada” se presenta un valor alto.

**CUADRO 4.4.5-1**
**CATEGORÍAS CLASIFICACIÓN CLORURO**

| Clasificación | Valor obtenido / valor normado As | Color |
|---|---|---|
| Baja | Supera norma menos de 5 veces | |
| Media | Supera norma más de 5 y menos de 10 veces | |
| Alta | Supera norma más de 10 y menos de 20 veces | |

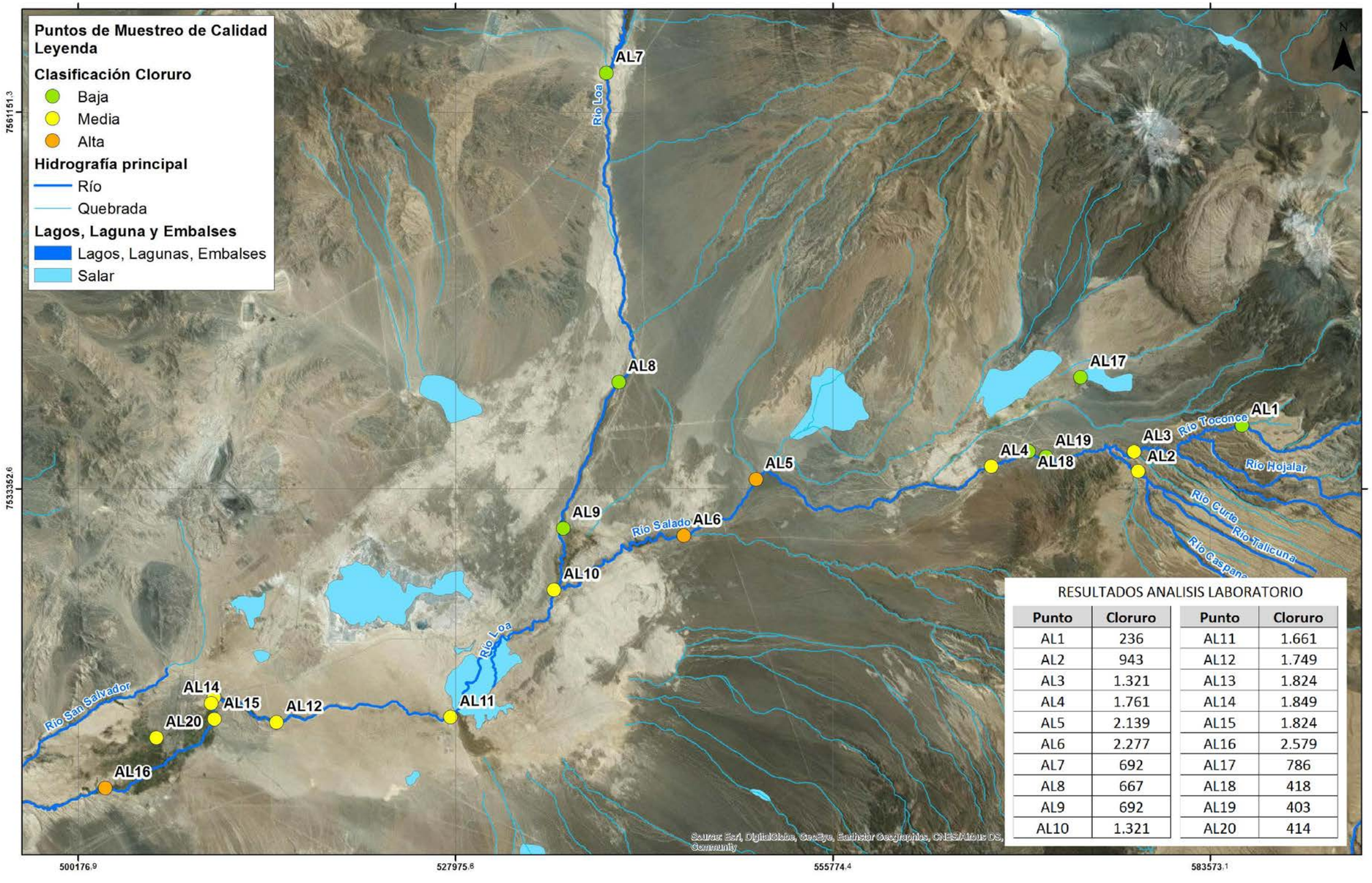
Fuente: Elaboración propia.

Existen cultivos con diferente grado de sensibilidad a la presencia de Cloruro. El rendimiento de dichos cultivos será afectado en mayor o menor medida, dependiendo de la concentración de este elemento a la que sean expuestos. Entre los cultivos con mayor sensibilidad se encuentran cítricos, frutilla, soya, cebolla, lechuga, papa, palta y tabaco; con una sensibilidad moderada se encuentran espinaca, alfalfa, tomate, brócoli, maíz. Dentro de las especies afines al cloruro, se pueden mencionar, por ejemplo, el apio, la remolacha azucarera y la acelga. El efecto negativo de este elemento sobre los cultivos puede ser potenciado al usar fertilizantes con este principio activo y en condiciones de sequía.

Según los datos de tolerancia de diferentes cultivos que se presentan en el Cuadro 4.4.5-2, se observa que todos los valores monitoreados, a excepción de aquel tomado en el río Toconce, son mayores a los valores límite de tolerancia.

Las concentraciones de cloruro que excedan de unos 250 mg/L pueden conferir al agua un sabor perceptible (OMS, 2006).

Según los antecedentes presentados en el estudio DGA 2004, el origen de los altos valores de este parámetro tiene las mismas causas que las ya presentadas para Conductividad Eléctrica, en el Acápite 4.4.2.




RESULTADOS ANALISIS LABORATORIO

| Punto | Cloruro | Punto | Cloruro |
|---|---|---|---|
| AL1 | 236 | AL11 | 1.661 |
| AL2 | 943 | AL12 | 1.749 |
| AL3 | 1.321 | AL13 | 1.824 |
| AL4 | 1.761 | AL14 | 1.849 |
| AL5 | 2.139 | AL15 | 1.824 |
| AL6 | 2.277 | AL16 | 2.579 |
| AL7 | 692 | AL17 | 786 |
| AL8 | 667 | AL18 | 418 |
| AL9 | 692 | AL19 | 403 |
| AL10 | 1.321 | AL20 | 414 |

**FIGURA 4.4.5-1**
**CLASIFICACIÓN RESULTADOS CLORURO**

Fuente: Elaboración propia, 2016.

**CUADRO 4.4.5-2**
**TOLERANCIA DE CULTIVOS A CONCENTRACIONES DE CLORUROS**

| CULTIVOS | LÍMITE DE TOLERANCIA (mg/L) | CATEGORÍA DE TOLERANCIA |
|---|---|---|
| Ají | 875 | Tolerante |
| Ajo | 350 | Sensible |
| Alcachofa | s/i | S/i |
| Betarraga | s/i | S/i |
| Cebolla | 350 | Sensible |
| Esparrago | 875 | Tolerante |
| Gladiolo | 875 | Tolerante |
| Haba | 350 | Sensible |
| Lechuga | 350 | Sensible |
| Maíz | 525 | Moderada |
| Papa | 525 | Moderada |
| Pepino dulce | 875 | Tolerante |
| Pimiento | 525 | Moderada |
| Repollo | 525 | Moderada |
| Tomate | 875 | Tolerante |
| Zanahoria | 350 | Sensible |
| Zapallo | s/i | Moderada (*) |
| Alfalfa | s/i | Moderada (*) |
| Olivo | s/i | Tolerante (*) |

(*) Según extracto de Australian Water Quality Guidelines for Fresh & Marine Waters (ANZECC).

Fuente: Irrigation Water Quality Standards and salinity Management Strategies.

Texas A&M University System. 1996.

## 4.4.6. Tramos Representativos de Calidad de Aguas

Para facilitar el posterior manejo de la información, especialmente para el manejo del modelo de calidad de agua que se presenta en el Capítulo 10, es que se proponen tramos de cauces que permitan caracterizar los parámetros ya presentados.

Dadas las características presentadas, se proponen los siguientes tramos:

- SA1: Río Salado, desde lo alto de la cuenca hasta la estación DGA Río Salado antes junta río Curti.
- SA2: Río Salado, desde la estación DGA Río Salado antes junta río Curti hasta la estación DGA Río Salado en sifón Ayquina.
- SA3: Río Salado, desde la estación DGA Río Salado en sifón Ayquina, hasta la junta con el río Loa.
- LO1: Río Loa entre Embalse Conchi y la confluencia con el Río Salado.

- LO2: Río Loa entre la confluencia con Río Salado y el sector de Yalquincha.
- LO3: Río Loa entre Yalquincha y la bocatoma del canal Dupont.
- LO4: Río Loa entre el canal Dupont y aguas abajo del sector La Cascada.

Se presenta una visualización de los segmentos en la Figura 4.4.6-1.

En el Cuadro 4.4.6-1 se presenta un análisis que reúne las características de la calidad del agua y su relación con el riego en la situación actual. Junto con esto se presentan soluciones posibles para mitigar los problemas de calidad.

**CUADRO 4.4.6-1**
**CALIDAD DEL AGUA Y SU RELACIÓN CON EL RIEGO**

| Tramo | Descripción | CE | As | B | Cl | Relación con el riego | Soluciones posibles para mitigar problemas |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **SA1** | Río Salado, desde lo alto de la cuenca hasta la estación DGA Río Salado antes junta río Curti. | Alta | Baja | Baja | Baja | El parámetro que representa mayores restricciones es la CE, lo que puede significar una pérdida de rendimiento de cultivos y la salinización del suelo.<br>En este tramo se ubica la zona de Toconce, en que se cultivan habas, maíz, alfalfa y hortalizas varias de los ecotipos resistentes a la salinidad. Las vegas ubicadas en el río se asocian también a la producción ganadera. | Posibilidad de mejora a través de infraestructura de desvíos o entubamientos en sectores específicos ubicados en el sector bajo del tramo. |
| **SA2** | Río Salado, desde la estación DGA Río Salado antes junta río Curti hasta la estación DGA Río Salado en sifón Ayquina. | Muy Alta | Alta | Baja | Media | El parámetro que representa mayores restricciones es la CE, junto con el arsénico que supera norma de riego entre 10 y 20 veces, la norma de riego para cloruro se supera entre 5 y 10 veces.<br>Las aguas no se utilizan en este sector para el desarrollo de cultivos, si para el manejo de vegas en el lecho del río para el desarrollo de la ganadería. | Posibilidad de mejora a través de infraestructura de desvíos o entubamientos en sectores específicos. |

## CUADRO 4.4.6-1
## CALIDAD DEL AGUA Y SU RELACIÓN CON EL RIEGO

| Tramo | Descripción | CE | As | B | Cl | Relación con el riego | Soluciones posibles para mitigar problemas |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **SA3** | Río Salado, desde la estación DGA Río Salado en sifón Ayquina, hasta la junta con el río Loa. | Muy Alta | Media | Alta | Alta | El parámetro que representa mayores restricciones es la CE, junto con el arsénico que supera la norma de riego entre 5 y 10 veces, la norma de riego para boro se supera entre 10 y 20 veces, la norma de riego para cloruro se supera entre 10 y 20 veces. Este sector presenta valores críticos, que no favorecen el desarrollo de la agricultura.<br>Las aguas no se utilizan en este sector para el desarrollo de cultivos, si para el manejo de vegas en el lecho del río para el desarrollo de la ganadería. | Posibilidad de mejora a través de infraestructura de desvíos o entubamientos en sectores específicos. |
| **LO1** | Río Loa entre Embalse Conchi y la confluencia con el Río Salado. | Alta | Baja | Media | Baja | El parámetro que representa mayores restricciones es la CE, la norma de riego para boro se supera entre 5 y 10 veces.<br>En este sector se ubican dos sectores importantes de producción hortalicera: Lasana y Chiu Chiu, existen limitaciones para la producción de cultivos sensibles a la salinidad y el boro. Por la importancia en la producción agrícola del sector, debiera representar un área prioritaria para el mejoramiento de la calidad del agua. | Posibilidad de mejora a través del tratamiento del agua a través de plantas de osmosis inversa y abatimiento de boro y arsénico. |
| **LO2** | Río Loa entre la confluencia con Río Salado y el sector de Yalquincha. | Muy Alta | Media | Alta | Media | El parámetro que representa mayores restricciones es la CE, la norma de riego para arsénico se supera entre 5 y 10 veces, la norma de riego para boro se supera entre 10 y 20 veces, la norma de riego para cloruro se supera entre 5 y 10 veces.<br>Las aguas no se utilizan en este sector para el desarrollo de cultivos. | Posibilidad de mejora a través de infraestructura de desvíos o entubamientos en sectores específicos.<br>Gestión del recurso a través de la operación de embalses. |

## CUADRO 4.4.6-1
## CALIDAD DEL AGUA Y SU RELACIÓN CON EL RIEGO

| Tramo | Descripción | CE | As | B | Cl | Relación con el riego | Soluciones posibles para mitigar problemas |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **LO3** | Río Loa entre Yalquincha y la bocatoma del canal Dupont. | Muy Alta | Alta | Alta | Media | El parámetro que representa mayores restricciones es la CE, la norma de riego para arsénico se supera entre 10 y 20 veces, la norma de riego para boro se supera entre 10 y 20 veces, la norma de riego para boro se supera entre 5 y 10 veces.<br>En este sector se presenta una agricultura limitada, representada principalmente por alfalfa y maíz de ecotipos resistentes a las características químicas del suelo y el agua. No se presentan problemas para el consumo de estos cultivos, pese a los altos niveles de arsénico y boro, ya que no existe traslocación de estos elementos a las mazorcas, ni a las hojas. Por la importancia en la producción agrícola del sector, debiera representar un área prioritaria para el mejoramiento de la calidad del agua. | Posibilidad de mejora a través del tratamiento del agua a través de plantas de osmosis inversa y abatimiento de boro y arsénico.<br>Gestión del recurso a través de la operación de embalses. |
| **LO4** | Río Loa entre el canal Dupont y aguas abajo del sector La Cascada. | Muy Alta | Alta | Muy Alta | Alta | El parámetro que representa mayores restricciones es la CE, la norma de riego para arsénico se supera entre 10 y 20 veces, la norma de riego para boro se supera más de 20 veces, la norma de riego para cloruro se supera entre 10 y 20 veces.<br>En este sector se presenta una agricultura limitada, representada principalmente por alfalfa y maíz, en sectores bastante acotados.<br>Si bien este sector actualmente no presenta un desarrollo agrícola importante, el mejoramiento de la calidad del agua pudiera significar un aumento de la superficie agrícola, además de repercutir en la calidad del recurso hacia aguas abajo en la cuenca. | Posibilidad de mejora a través de infraestructura de desvíos o entubamientos en sectores específicos. |

Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 4.4.6-1**
**TRAMOS REPRESENTATIVOS CALIDAD DE AGUAS**

Fuente: Elaboración propia, 2016.

## 4.5. Caso de Estudio: Planta de Abatimiento de Boro y Arsénico

Como información de calidad de aguas de interés, se analiza el caso de la Planta de Abatimiento de Boro y Arsénico, ubicada en el predio de la Sra. Agustina Morales. La Sra. Agustina es parte de la Comunidad de Aguas del canal Coco La Villa y realiza actividades agrícolas en conjunto con su familia.

El proyecto consiste en la instalación de una planta de abatimiento de boro y arsénico, para implementar el riego de hortalizas en invernadero.

En la Figura 4.5-1 se presenta la figura esquemática del proyecto, facilitada por el encargado CNR Regional.

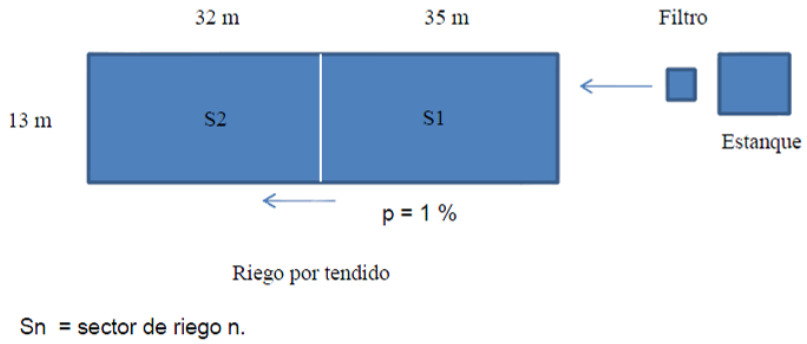



**FIGURA 4.5-1**
**ESQUEMA DEL PROYECTO**

Fuente: CNR Antofagasta, 2016.

Según lo relatado por el encargado CNR Regional, ha habido algunos casos piloto de experiencias similares que no han seguido su funcionamiento, especialmente debido a los altos costos y dificultades para conseguir los insumos necesarios para el funcionamiento.

Este proyecto inicialmente ha sido financiado por la CNR a través de fondos de la Ley 18.450 el año 2013, con una superficie beneficiada de 0,1 ha, una inversión total de $40.405.252 y un aporte del Estado de $31.920.123. Además, se ha ido financiando de diversas formas el proyecto, ya que tiene un costo de funcionamiento alto, por eso actualmente se encuentran implementando la generación de energía eléctrica a partir de paneles solares, proyecto que fue financiado por CONADI a través del fondo Puri Beter. Los muestreos de calidad de aguas los realizan periódicamente en convenio con una empresa privada. También se financiaron los estanques de agua a través de CONADI.

La planta opera desde el año 2013, sin embargo, se han producido una serie de desperfectos y problemas con los insumos, lo que se traduce en constantes paralizaciones de la planta. Para no perder la producción, se continúa regando con agua potable, aumentando los costos. Estas paralizaciones se producen debido a la alta rotación que se debe realizar de los filtros, especialmente el de Boro y a la dificultad para conseguir ácido sulfúrico, insumo con que se mantienen los filtros. Los insumos deben conseguirse principalmente en Santiago o Arica.

Al consultar a otros agricultores si conocen la experiencia de estos agricultores, en algunos casos la respuesta es afirmativa, pero se presenta la visión de que es costoso y que la planta paraliza en muchas ocasiones. Al consultar sobre el tipo de agricultura que implementarían si tuvieran una mejor calidad de agua, hay una parte de los agricultores que quiere seguir con una mejor producción de los cultivos tradicionales, ya que creen que la reconversión a una agricultura tecnificada podría ser un daño a su cultura y tradiciones. A pesar de esto, hay dos agricultores interesados en implementar una experiencia similar y el sistema se está implementando también en Toconao y en la región de Arica y Parinacota.

Esta experiencia ha permitido producir nuevos cultivos para la zona, como lechugas, alcayotas, zapallos y melones; también existe potencial para acelgas, frutillas y albahaca. El estudio de mercado realizado por los agricultores para implementar este proyecto dio como resultado que se requieren 8.500 lechugas semanales, de las cuales ellos abastecen de 300 a 500 lechugas semanales.

Como corolario de la experiencia implementada por la Sra. Agustina Morales y por don Franco Centella, a continuación se presentan las ventajas, desventajas y desafíos de este proyecto:

Ventajas:

- Producción de nuevos cultivos para abastecer el mercado de Calama.
- Proyecto integral, con el compromiso de varias instituciones del Estado para facilitar la implementación de los distintos componentes (invernaderos, estanques, paneles solares, planta tratamiento).
- Agricultores comprometidos.

Desventajas:

- Alto costo de energía eléctrica.
- Dificultad para conseguir insumos como filtros y ácido sulfúrico.

- Largos periodos de paralización debido a lejanía de empresa de suministros y mantención.

- Baja eficiencia del sistema, debido a los altos niveles de boro y arsénico, lo que se traduce en un rechazo de una parte importante del agua.

- Dificultad para disponer y retirar los residuos del estanque de abatimiento.

- Duración de la matriz macro-porosa de 5 años con un uso en condiciones de diseño.

Desafíos:

- Generación y fomento de economías de escala que permitan disminuir los costos de inversión y operación. Esto puede generarse a través de la promoción de mecanismos de asociatividad entre los agricultores que faciliten la adquisición de insumos químicos.

A continuación se presenta la serie de Fotografías 2.5-1 de una de las visitas a terreno efectuadas al predio. En ellas se pueden ver los distintos componentes del proyecto.

Dentro de la información proporcionada por el encargado de la CNR Regional se encuentra un monitoreo de calidad de agua tanto del agua cruda que ingresa a la planta, como del efluente de la planta de tratamiento. Los resultados se presentan en el Cuadro 4.5-1, en éstos se puede ver que el tratamiento del agua es muy eficiente, dejando el agua con una calidad asimilable al agua potable. El potencial de tratamiento de la planta es de 1 m³/día.

**CUADRO 4.5-1**
**MONITOREO CALIDAD DE AGUA PLANTA DE ABATIMIENTO DE BORO Y ARSÉNICO**

| Parámetro | Punto de Extracción | Fecha | Resultado (mg/L) |
|---|---|---|---|
| Arsénico | Afluente planta de tratamiento | 10/07/2015 | 1,191 |
| Boro | Afluente planta de tratamiento | 16/07/2015 | 13,27 |
| Arsénico | Efluente planta de tratamiento | 10/07/2015 | < 0,001 |
| Boro | Efluente planta de tratamiento | 16/07/2015 | 0,04 |

Fuente: Elaboración propia en base a CNR.

**FOTOGRAFÍAS 2.5-1**
**ESQUEMA DEL PROYECTO Y FOTOGRAFIAS VISITAS PREDIO**

Fuente: Elaboración propia.

# CAPÍTULO 5

# CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

# 5. CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

## 5.1. Introducción

Luego del análisis de la información secundaria indicada en el Capítulo 2 sobre Revisión y Análisis de Antecedentes y las primeras visitas a terreno, se dispone de los antecedentes básicos para iniciar un diagnóstico en terreno de los suelos existentes en el área de estudio, por medio de muestreo y análisis de laboratorio.

El objetivo de esta actividad fue realizar un diagnóstico de las principales características y problemáticas asociadas a los suelos del área de estudio, tanto los actualmente regados como suelos de zonas de potencial expansión agrícola, en función de sus características. Esto, además de la determinación de características físico-hídricas, que permiten ampliar la base de información para generar este diagnóstico.

A este diagnóstico se asocia un análisis agronómico, que permite dimensionar la problemática de los suelos asociada a sus características físico químicas. Incorporando recomendaciones sobre el tipo de medidas de mitigación que deben implementarse en cada caso, para mejorar la condición de estos en el tiempo y lograr habilitarlos para una agricultura de mayor rentabilidad y diversidad de cultivos, en el contexto de un eventual proyecto de riego.

## 5.2. Estructura del Diagnóstico en Terreno

El presente diagnóstico se desarrolló en base a la distribución y confección de 103 calicatas en el área de estudio, asociadas a la realización de 150 muestreos para análisis estándar de laboratorio, además de la realización de 30 análisis de constantes físico-hídricas.

La propuesta metodológica y la ejecución en terreno del diagnóstico fueron desarrolladas por el especialista Dr. Ing. Agrónomo Jorge Olave Vera, investigador del CIDERH y académico de la Universidad Arturo Prat.

Respetando los acuerdos realizados entre la CNR y el Consultor con dirigentes de Asociaciones de Regantes y de Comunidades Indígenas, en el contexto del acceso a levantar información en terreno, el presente diagnóstico no fue aplicado en las localidades de Caspana y Toconce.

## 5.3. Metodología de Muestreo e Interpretación Análisis de Laboratorio

La metodología empleada consideró, en primera instancia, una distribución de puntos de muestreo para el área de estudio, realizada por el especialista, previa aprobación de la CNR. El criterio de distribución usado considera los siguientes aspectos:

- Información de superficie agrícola entregada por el VII Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2007) y del Instituto de Desarrollo Agropecuario de Calama.
- Selección de zonas con actual desarrollo agrícola.
- Selección de zonas sin agricultura, pero con potencial agrícola según criterio del especialista, que ameriten estar dentro del diagnóstico.
- Requerimientos establecidos por dirigentes locales y comunidades indígenas respecto del área a diagnosticar.

Dado que la información del Censo Agropecuario y Forestal entrega información general del área cultivada en la comuna, no fue posible conocer la superficie agrícola de cada sector en particular, ya que todos los sectores pertenecen a la misma comuna. Por ello, se recurrió a la base de información de INDAP Calama para determinar la propuesta de muestreo de suelo.

De esta forma, se definió la distribución total de calicatas y muestras de suelo en el área de estudio, según el detalle consignado en el Cuadro 5.3-1.

**CUADRO 5.3-1**
**DISTRIBUCIÓN DE CALICATAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO**
**COMUNA DE CALAMA**

| SECTOR | NÚMERO CALICATAS | NÚMERO MUESTRAS DE SUELO | NÚMERO MUESTRAS CONSTANTES HÍDRICAS |
|---|---|---|---|
| **Calama** | 73 | 120 | 24 |
| **Chiu Chiu** | 10 | 10 | 2 |
| **Lasana** | 7 | 7 | 2 |
| **Ayquina** | 2 | 2 | - |
| **Paniri** | 1 | 1 | - |
| **Turi** | 10 | 10 | 2 |
| **TOTAL** | 103 | 150 | 30 |

Fuente: Elaboración propia.

Para la obtención de la información de diagnóstico, se procedió a realizar calicatas de 1,0 $m^3$ (1x1x1 m) aproximadamente. Dependiendo de la uniformidad o des-uniformidad textural del perfil del suelo se tomó una o dos muestras representativas, obtenida de los puntos

cardinales de la calicata. Al tomar dos muestras por calicata, se colectó primero la segunda estrata, para no recibir contaminación de la primera.

Para dos muestras por calicata las profundidades de muestreo fueron las siguientes, considerando que la primera estrata se muestrea después de los primeros cinco centímetros (Figura 5.3-1).

- Muestra 1: 0-50 cm - Muestra 2: 51-100 cm

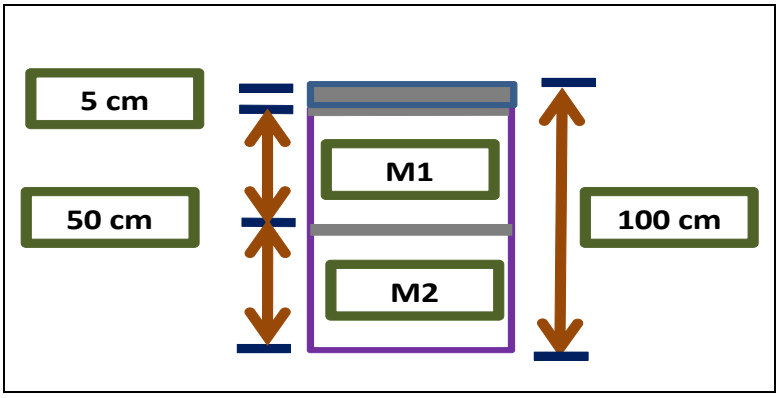



**FIGURA 5.3-1**
**ESQUEMA PARA OBTENCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO**
**EN CADA PUNTO ASOCIADO A CALICATA**

Fuente: Elaboración propia.

Cada punto de muestreo fue georreferenciado, lo cual permite en lo sucesivo, construir cartografías asociadas a la información levantada. Además, se generó un registro fotográfico de cada punto de muestreo, e información adicional de relevancia para la construcción del presente informe.

Cada muestra se almacena en envases de papel, que son depositados al interior de una bolsa plástica. Se rotula con el número de la calicata, fecha, sector, estrata 1 y 2 si corresponde.

De esta forma, se confecciona una etiqueta para identificar cada punto de muestreo, como herramienta de rotulación de la muestra para ser enviada al laboratorio. La etiqueta contiene la siguiente información:

a. Georreferenciación del Punto de Muestreo: Datum WGS 84 Zona 19

b. Altura

c. Fotografía de la calicata

d. Fotografía de la o las muestras de suelo

e. Fotografía del entorno

f. Fecha de muestreo

La etiqueta de cada muestra contiene la nomenclatura que lo identifica en orden correlativo para cada sector. Por ejemplo: CALcobE1/0-25/04.07.2016/001

Sector: Calama

Subsector: Cobija

Número Estrata: E1

Profundidad Estrata: 0-25

Fecha de muestreo: 04.07.2016

Número de Muestra: 001

Las muestras son almacenadas en un cooler para no alterar las características químicas del suelo y son enviadas en el transcurso de 24 h al laboratorio para su análisis. Para estos efectos se trabajó con la empresa Agrolab Ltda., de Santiago.

A partir de los análisis efectuados en cada uno de los sectores seleccionados, se efectúa la interpretación química del suelo para su caracterización. Determinando las principales problemáticas asociadas a la agricultura, y cómo está influyendo el actual manejo agronómico de riego, fertilización, calidad de aguas, entre otros factores en estas características agrológicas. De esta forma, el especialista confecciona un informe de resultados de laboratorio asociado a un análisis de éstos, sistematizando y desagregando la descripción por cada uno de los parámetros de caracterización, para lograr visualizar los niveles de cada parámetro respecto a la norma. De esa forma, se genera un análisis respecto de la condición de cada suelo frente a la actividad agrícola, posibles causas de la problemática y recomendaciones de manejo y medidas de mitigación factibles de implementar.

## 5.4. Campañas de Terreno y Resultados

Los trabajos de terreno asociados al diagnóstico se realizaron en 3 campañas, dado que los acuerdos con dirigentes de regantes y comunidades indígenas, respecto del área que abarcaría este diagnóstico y determinar su participación en el presente estudio, experimentó una considerable demora, no fue posible realizar todo en una sola campaña.

La primera, fue realizada desde el 17 de agosto de 2016, en la cual se ejecutó parcialmente las calicatas y muestreos asignados a la ciudad de Calama, con sus

correspondientes envíos a laboratorio y recepción de resultados en bruto. La segunda, realizada desde el 21 de septiembre de 2016, donde prosiguió la tarea correspondiente a este sector. Finalmente, la última campaña fue realizada desde el 19 de diciembre de 2016, donde se completó el número de muestreos asignados a Calama y se desarrolló el trabajo en Chiu Chiu, Lasana, Turi y Paniri.

En base a estos acuerdos, se definió finalmente el alcance geográfico del presente diagnóstico, y la forma de abordar el trabajo en terreno. Determinando abordar la tarea por sectores regados por canales independientes, lo que fue definido en conjunto con dirigentes y presidentes de regantes.

En los Cuadros 5.4-1 y 5.4-2, se presenta el resumen de la información concerniente a las campañas de diagnóstico de suelos en terreno, describiendo los sectores de muestreo y el número de calicatas y toma de muestras realizadas en Calama y Pueblos Loa Salado.

**CUADRO 5.4-1**
**DISTRIBUCIÓN DE CALICATAS Y MUESTREOS DE SUELO SECTORES EN CALAMA**

| Sector | Nº Calicatas | Nº Muestras Suelo | Nº Muestras Físico Hídricas |
|---|---|---|---|
| **Abaroa** | 1 | 1 | 1 |
| **Canal Coco La Villa** | 5 | 7 | 1 |
| **Canal Radich** | 1 | 1 | 1 |
| **Canal Tambores** | 4 | 6 | 1 |
| **Canal Topater** | 3 | 5 | 1 |
| **Canal Chañar** | 1 | 1 | 1 |
| **Cerro Negro** | 8 | 12 | 2 |
| **Chunchuri Alto** | 7 | 13 | 2 |
| **Chunchuri Bajo** | 11 | 17 | 1 |
| **La Banda** | 7 | 9 | 2 |
| **La Cascada** | 3 | 4 | 2 |
| **Levante** | 5 | 7 | 1 |
| **Likankatay** | 4 | 6 | 2 |
| **Ojo Apache** | 2 | 3 | 1 |
| **Com. Quechua Sumac Llajta** | 1 | 1 | 1 |
| **Topater** | 2 | 4 | 2 |
| **Verdes Campiñas** | 5 | 7 | 1 |
| **Yalquincha** | 3 | 5 | 1 |
| **TOTAL** | **73** | **120** | **24** |

Fuente: Elaboración propia.

En las Figuras 5.4-1, 5.4-2 y 5.4-3, se grafica espacialmente la distribución de las calicatas en los sectores agrícolas de la ciudad de Calama y en los pueblos de Loa Salado (Chiu Chiu, Lasana, Ayquina, Turi y Paniri).

**CUADRO 5.4-2**
**DISTRIBUCIÓN DE CALICATAS Y MUESTREOS DE SUELO PUEBLOS LOA SALADO**

| Sector | Nº Calicatas | Nº Muestras Suelo | Nº Muestras Constantes Hídricas |
|---|---|---|---|
| **Chiu Chiu** | 10 | 10 | 2 |
| **Lasana** | 7 | 7 | 2 |
| **Ayquina** | 2 | 2 | - |
| **Paniri** | 1 | 1 | - |
| **Turi** | 10 | 10 | 2 |
| **TOTAL** | **30** | **30** | **6** |

Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5.4-1**
**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PUNTOS DE MUESTREO SECTORES DE CALAMA**

Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth.

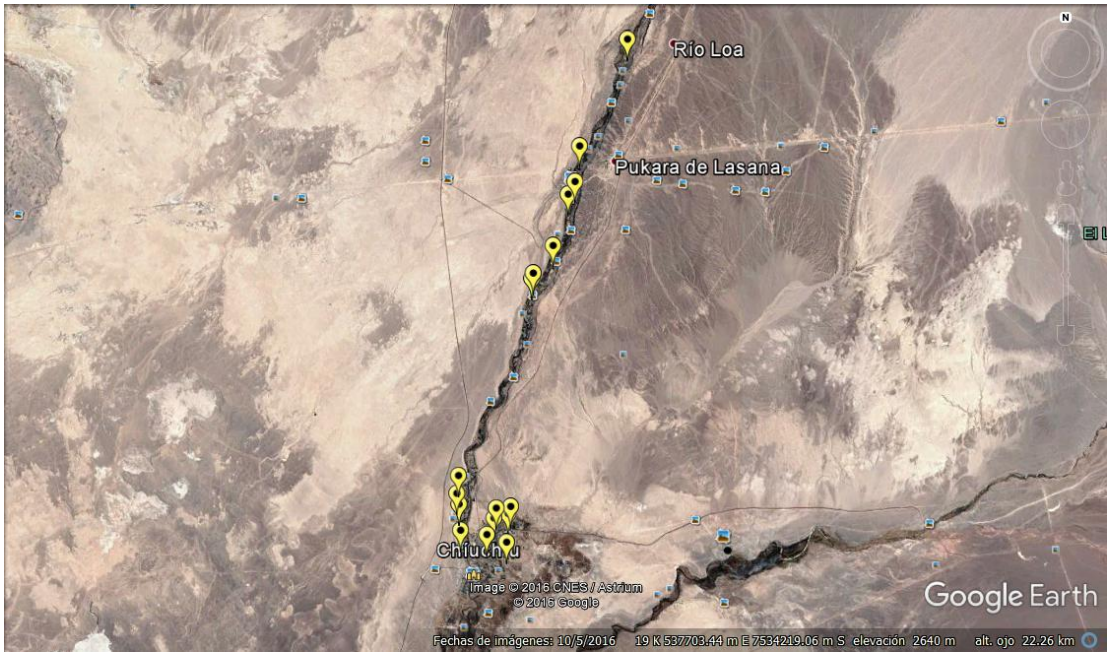



**FIGURA 5.4-2**
**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PUNTOS DE MUESTREO CHIU CHIU LASANA**

Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth.

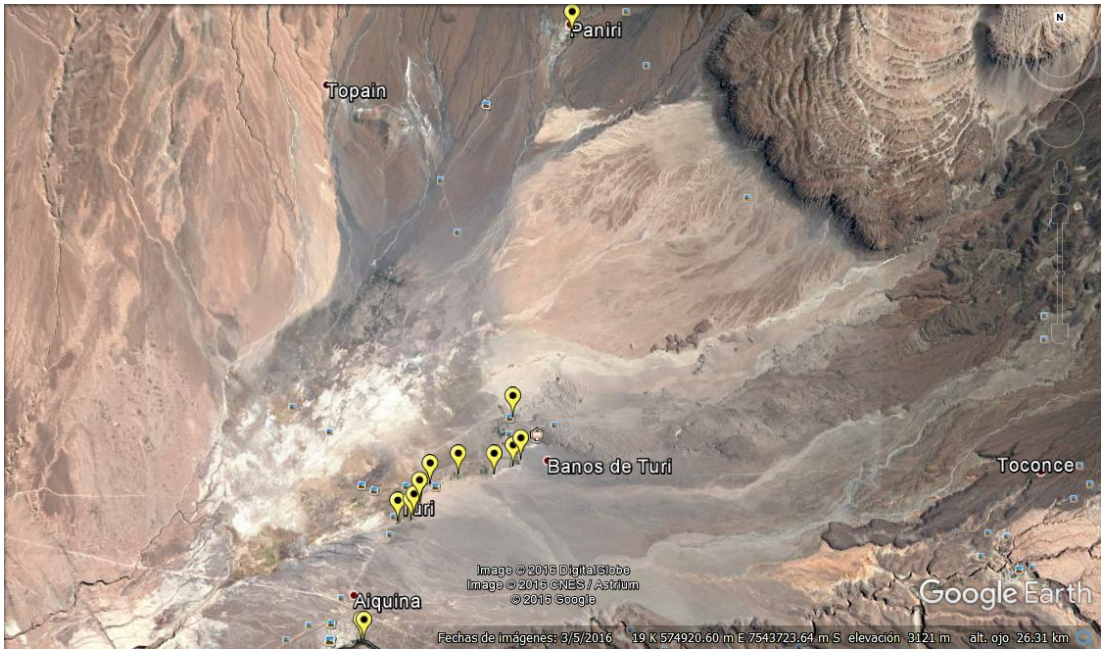



**FIGURA 5.4-3**
**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PUNTOS DE MUESTREO AYQUINA TURI PANIRI**

Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth.

En el caso de Calama, no se observa distribución de puntos en la zona sur, ya que son sectores que mayoritariamente corresponden a parques con forestación de tamarugo en condición de secano. Se presenta en el Anexo 5-1, el listado de calicatas asociado al sector y predio donde se realizaron, las coordenadas y la altura de cada punto, y el archivo KML que contiene todos los puntos georeferenciados.

La totalidad de las muestras realizadas fueron entregadas al laboratorio. En el Anexo 5-2, se presentan los resultados de laboratorio, tanto de análisis de suelo estándar, como de constantes físico-hídricas.

## 5.5. Resultados y Diagnóstico de Análisis de Suelos

### 5.5.1. Aspectos Generales

A continuación, se presenta el análisis de los resultados de suelo a nivel general, rescatando los parámetros de mayor relevancia. Los innformes detallados se presenta en el Anexo 5-3.

Para visualizar los resultados de forma más práctica, estos se presentan en figuras, que permitan distinguir las diferencias entre los resultados con escalas de color. Debido a la poca legibilidad de una figura con todos los sectores, cada parámetro se separó en dos figuras, quedando el sector de Calama separado de Chiu Chiu – Lasana y Turi – Ayquina - Paniri.

En el presente estudio se tomaron 150 muestras, las cuales fueron agrupadas inicialmente en sectores dentro de los sectores de riego definidos (Cuadros 5.4-1 y 5.4-2). En las figuras de los siguientes acápites se presenta un punto por cada sector más pequeño, el cual es geográficamente representativo de este último. Este punto fue estimado en ArcGis mediante el cálculo de la coordenada promedio de todos los puntos del sector (centroide). De esta forma, se aprecia el comportamiento promedio de cada sector, con una nube de puntos que puede ser claramente visualizada en cada figura. El shape de las figuras se presenta en el Anexo 5-4.

Para los análisis que se presenta en los acápites siguientes, se utilizan las categorías definidas en los Cuadros 5.5.1-1 a 5.5.1-5, para el pH, Boro, Cloruro, Arsénico y Sodio, respectivamente.

## CUADRO 5.5.1-1
## ESCALA DE pH

| pH | Categoría |
|---|---|
| < 4,5 | Extremadamente ácido |
| 4,5-5,0 | Muy fuertemente ácido |
| 5,1-55 | Fuertemente ácido |
| 6,1-6,5 | Débilmente ácido |
| 6,6-7,3 | Neutro |
| 7,4-7,8 | Débilmente alcalino |
| 7,9-8,4 | Moderadamente alcalino |
| 8,5-9,0 | Fuertemente alcalino |
| > 9,0 | Muy fuertemente alcalino |

Fuente: Elaborado a partir de NCh 1.333.

## CUADRO 5.5.1-2
## ESCALA DE BORO

| Concentración (mg/kg) en extracto saturado | Categoría |
|---|---|
| < 0,2 | Muy bajo |
| 0,2-0,7 | Bajo |
| 0,7-1,5 | Normal |
| > 1,5 | Excesivo |

Fuente: Elaborado a partir de NCh 1.333.

## CUADRO 5.5.1-3
## LÍMITE MÁXIMO DE ARSÉNICO PERMITIDO

| | Límite máximo (mg/kg) |
|---|---|
| pH>6,5 | 20 |

Fuente: Elaborado a partir de NCh 1.333.

## CUADRO 5.5.1-4
## ESCALA DE CLORURO

| Cloruro (meq/L) | Categoría |
|---|---|
| < 5 | Satisfactorio |
| 5-10 | Medio |
| >30 | Severo |

Fuente: Elaborado a partir de NCh 1.333.

**CUADRO 5.5.1-5**
**ESCALA DE SODIO**

| Sodio (meq/L) | Categoría |
|---|---|
| < 5 | Satisfactorio |
| >30 | Severo |

Fuente: Elaborado a partir de NCh 1.333.

5.5.2. Calama

En términos generales, los resultados de calidad de suelo para zona de Calama se resumen en que el 100% de las muestras sobrepasaron los límites máximos permitidos de boro y arsénico y el 80% de los suelos son salino – sódicos.

Los niveles de cada parámetro se muestran en las Figuras 5.5.2-1 a 5.5.2-6. Se puede observar que el pH (Figura 5.5.2-1) va de moderadamente alcalino a fuertemente alcalino. En el caso del boro (Figura 5.5.2-2), en tanto, los valores superan ampliamente la norma, los que fluctúan de 10 a 25 veces. En el caso del cloruro (Figura 5.5.2-3), los valores también superan la norma, sobrepasando desde 2 a más de 6 veces. En el caso del arsénico (Figura 5.5.2-4), por otro lado, los valores también superan ampliamente la norma, teniendo desde muestras que la duplican hasta algunas que la superan más de 16 veces. En el caso del sodio (Figura 5.5.2-5) los valores superan la norma desde levemente hasta 25 veces, aunque éste último es una excepción. Finalmente, se puede apreciar que la mayoría de los suelos del área de estudio se pueden clasificar en salino – sódicos, lo que se muestra en la Figura 5.5.2-6.

Si se observan las Figuras en conjunto, se puede notar que dentro del mismo sector de Calama, las condiciones de suelo empeoran aguas abajo.

En cuanto al contenido de materia orgánica, los suelos de Calama en general se caracterizan por variar de bajo a normal. Respecto a las características físicas de los suelos del sector, los resultados muestran predominancia de texturas francas, desde franco arenosas a franco limosas, con una capacidad de retención de agua que varía de baja a alta.

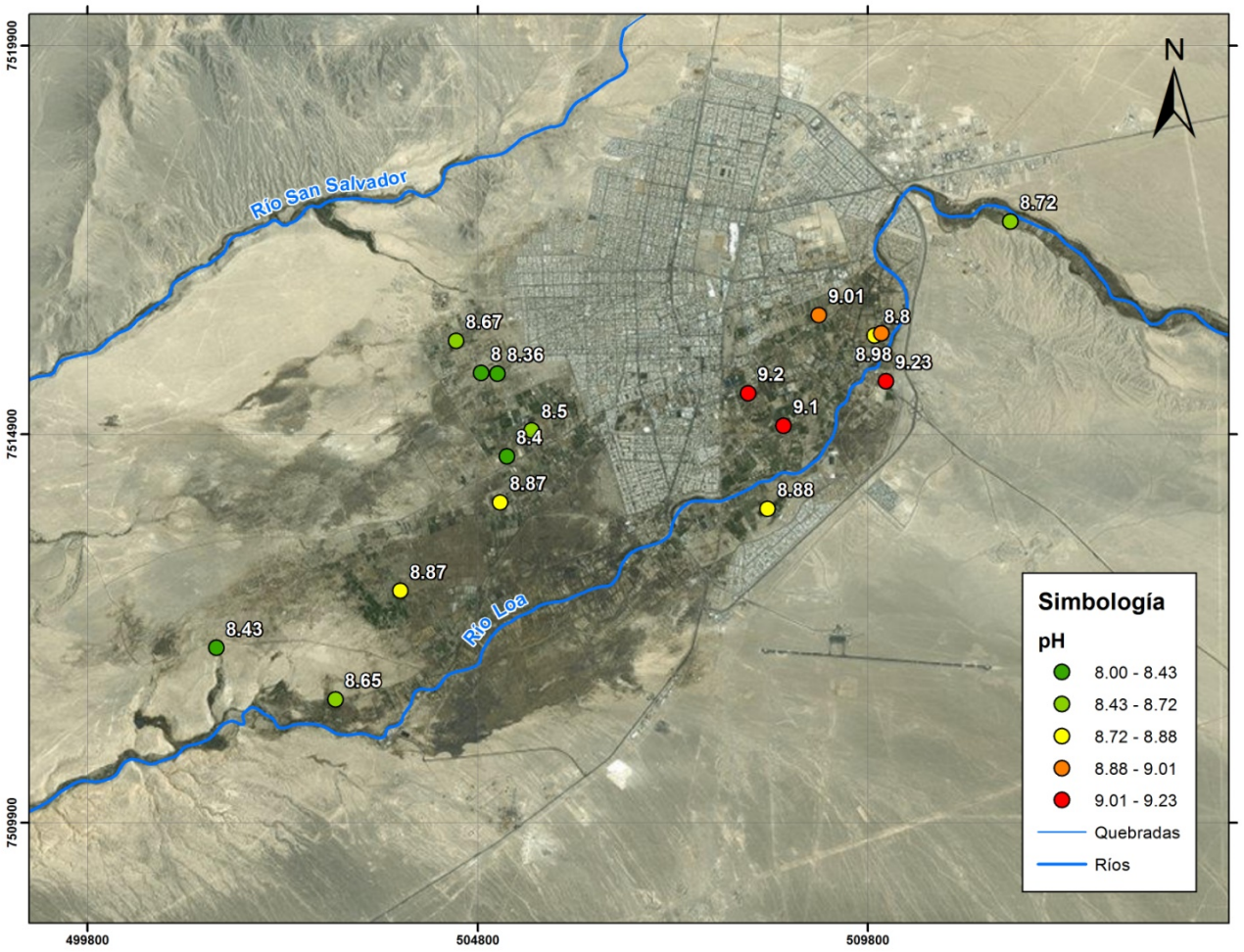



**FIGURA 5.5.2-1**
**RESULTADOS pH EN CALAMA**

Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth.

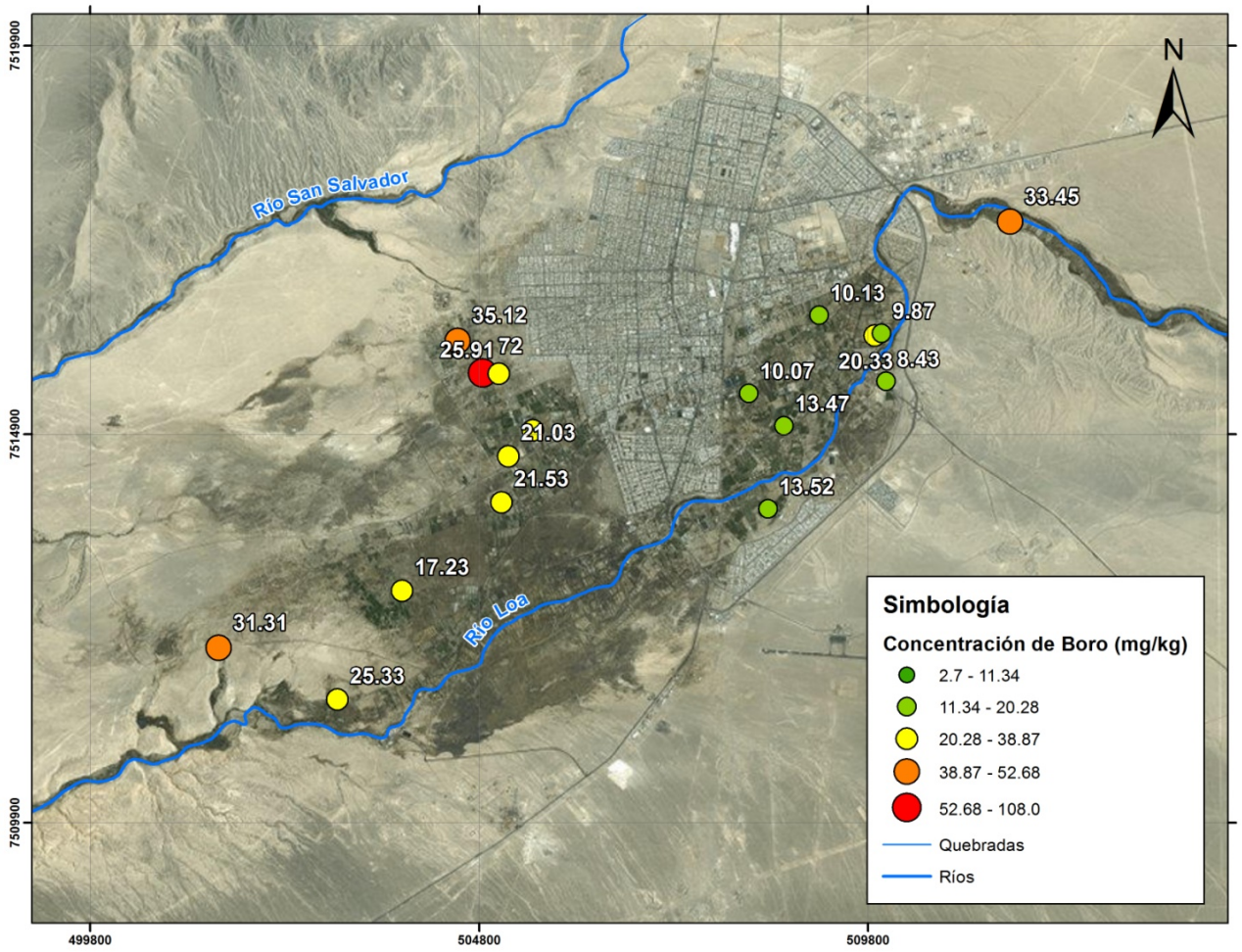



**FIGURA 5.5.2-2**
**RESULTADOS CONTENIDO DE BORO EN CALAMA**

Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth.

(*) Colores indican rango de valor promedio de cada sector. Etiqueta (número) indica veces en que se supera la norma.

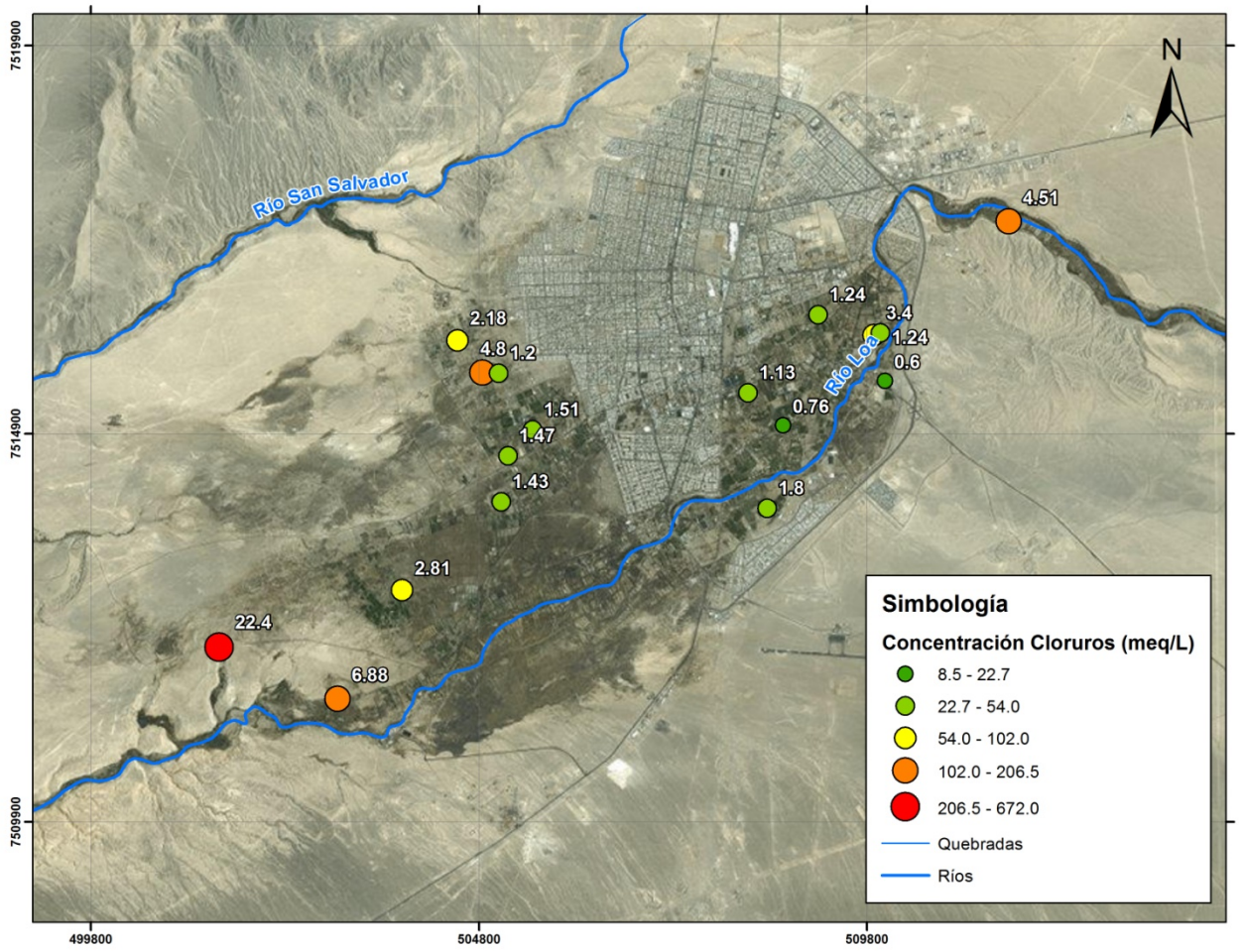



**FIGURA 5.5.2-3**
**RESULTADOS CONTENIDO DE CLORUROS EN CALAMA**

Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth.

(* Colores indican rango de valor promedio de cada sector. Etiqueta (número) indica veces en que se supera la norma.

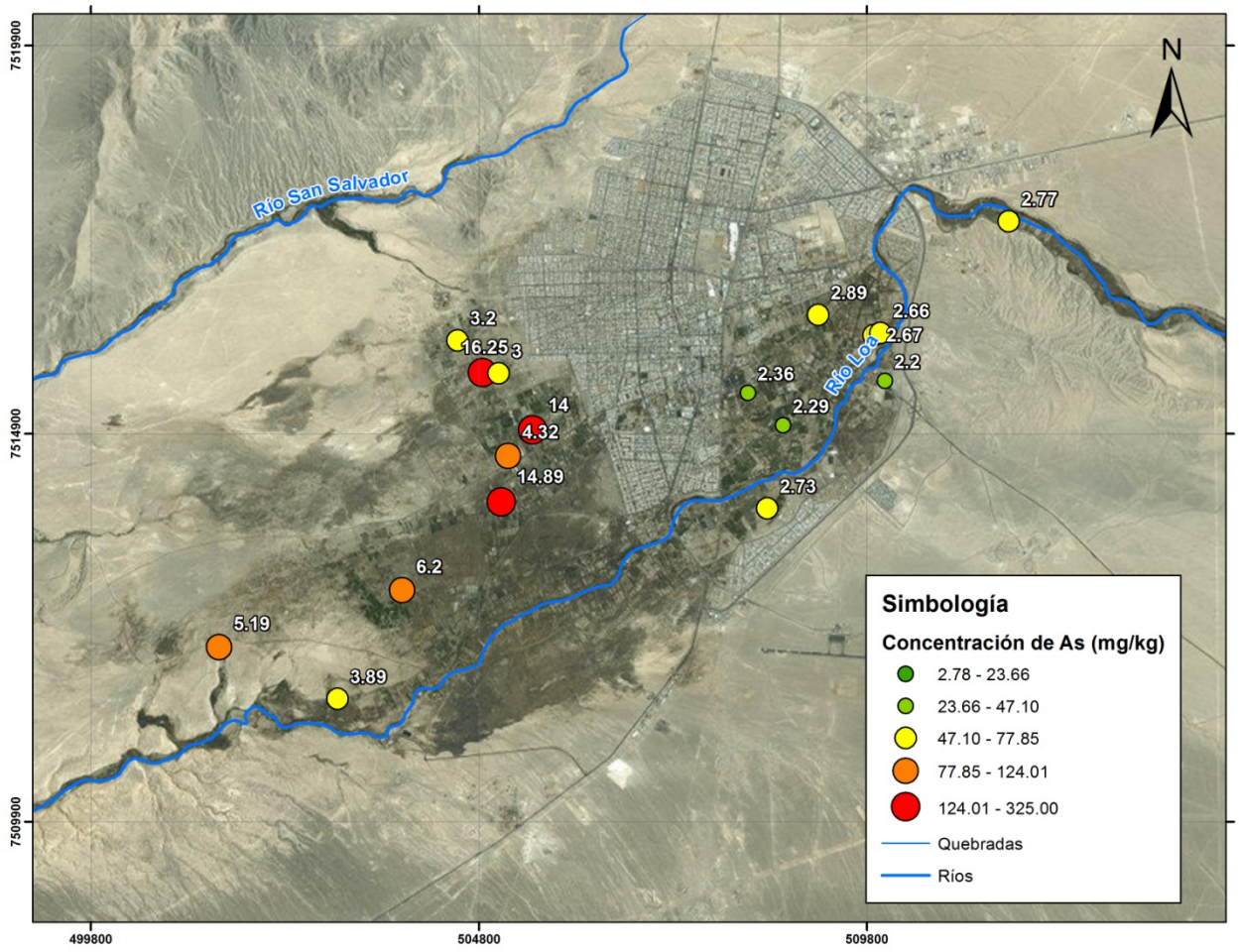



**FIGURA 5.5.2-4**
**RESULTADOS CONTENIDO DE ARSÉNICO EN CALAMA**

Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth.

(*) Colores indican rango de valor promedio de cada sector. Etiqueta (número) indica veces en que se supera la norma.

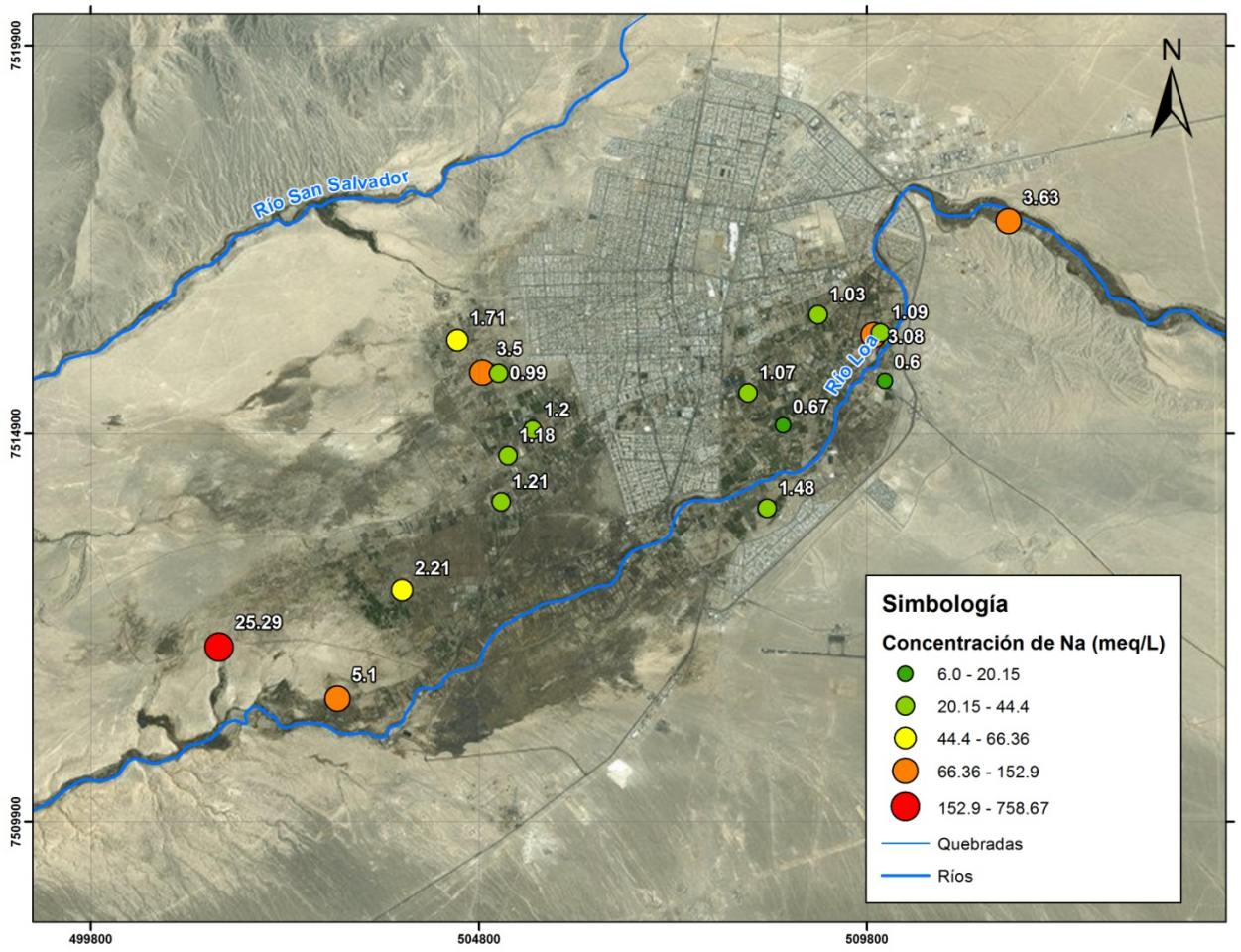



**FIGURA 5.5.2-5**
**RESULTADOS CONTENIDO DE SODIO EN CALAMA**

Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth.

(*) Colores indican rango de valor promedio de cada sector. Etiqueta (número) indica veces en que se supera la norma.

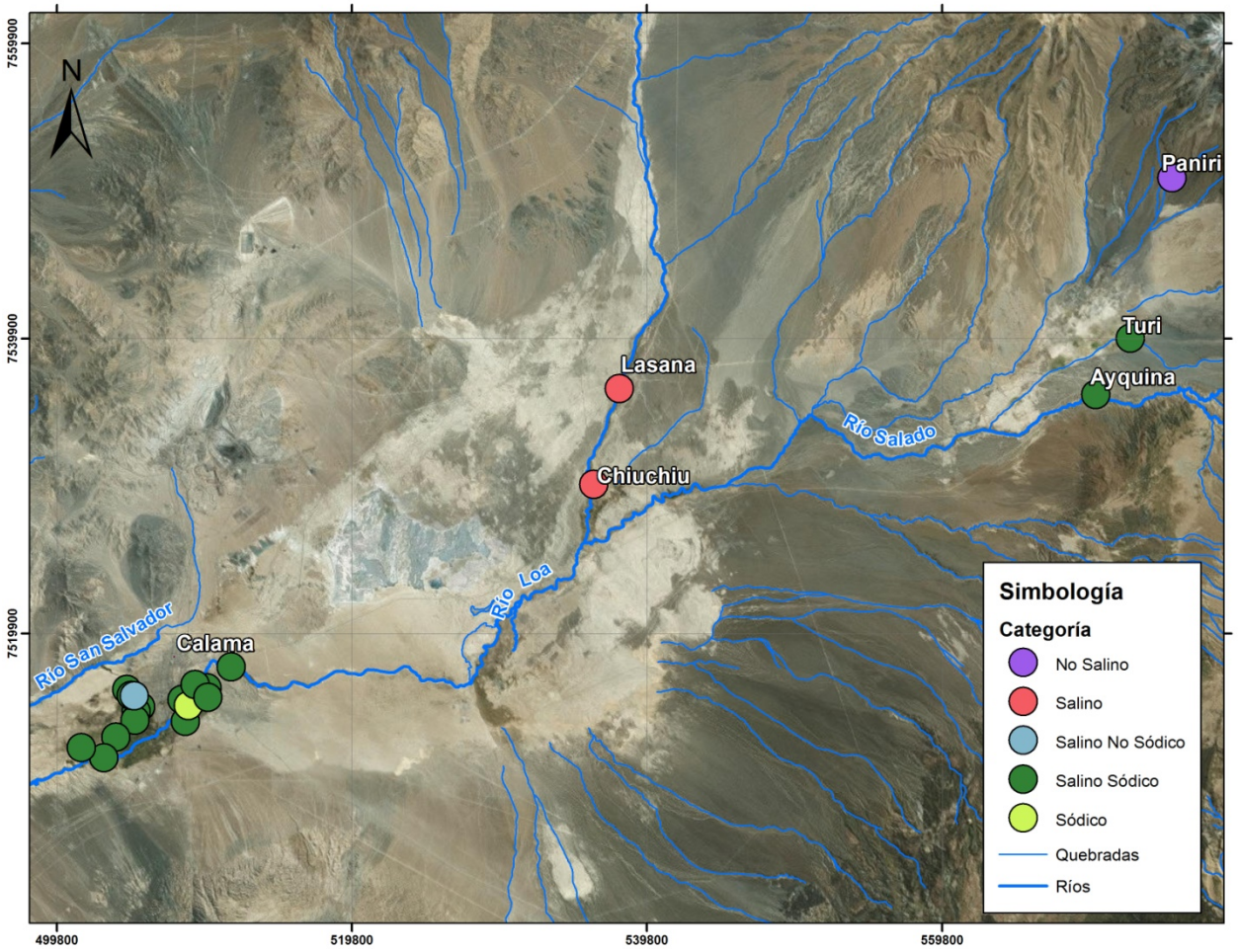



**FIGURA 5.5.2-6**
**CATEGORIZACION DE SUELOS EN ZONA DE ESTUDIO**

Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth.

## 5.5.3. Chiu Chiu y Lasana – Turi, Ayquina y Paniri

En términos generales, se tiene que que el 100% de las muestras sobrepasaron los límites máximos permitidos de boro y arsénico y el 40% de los suelos son salino - sódicos.

Los niveles de cada parámetro se muestran en las Figuras 5.5.3-1 a 5.5.3-5. Se puede observar que el pH (Figura 5.5.3-1) va de moderadamente alcalino a fuertemente alcalino, tal como en el caso de Calama. En el caso del boro (Figura 5.5.3-2), en tanto, los valores superan la norma (Cuadro 5.5.3-2) hasta en 9 veces. El arsénico (Figura 5.5.3-3) por otro lado, en algunos casos está bajo la norma y cuando la sobrepasa lo hace levemente, semejante a lo que ocurre en el caso del cloruro (Figura 5.5.3-4) y sodio (Figura 5.5.3-5). Si se comparan estos resultados con los de Calama, se observa que la situación en la parte alta respecto a los contaminantes es más benigna, con valores que sobrepasan levemente la norma. Notando que la situación tiende

a empeorar en la medida que se baja hasta Calama, resultados que coinciden con los de calidad de agua.

Respecto a las características físicas de los suelos del sector alto, los resultados muestran predominancia de texturas franco arenosa y arenosa, con una capacidad de retención de agua de media baja a baja.

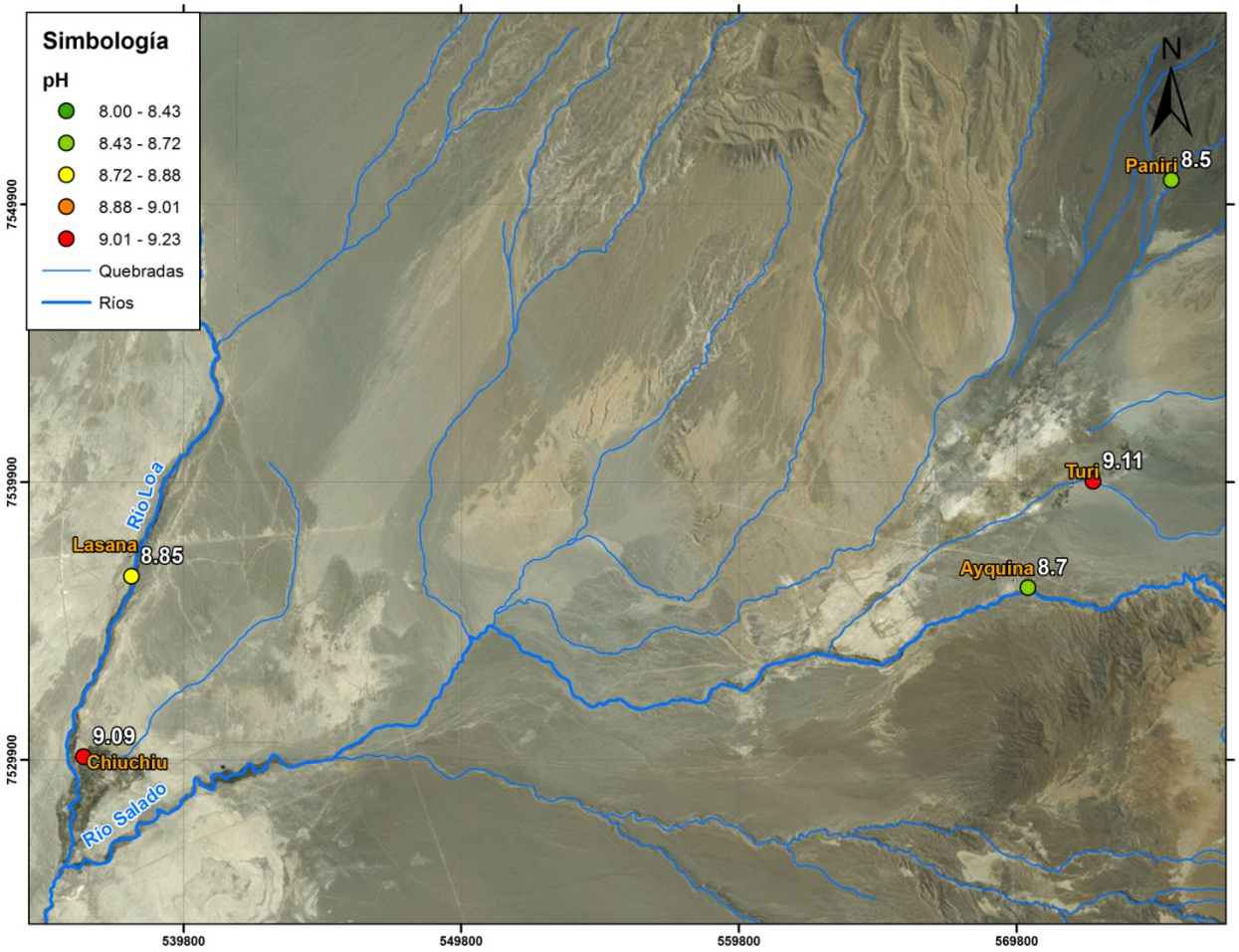



**FIGURA 5.5.3-1**
**RESULTADOS PH EN CHIU CHIU – LASANA – TURI – PANIRI - AYQUINA**

Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth.

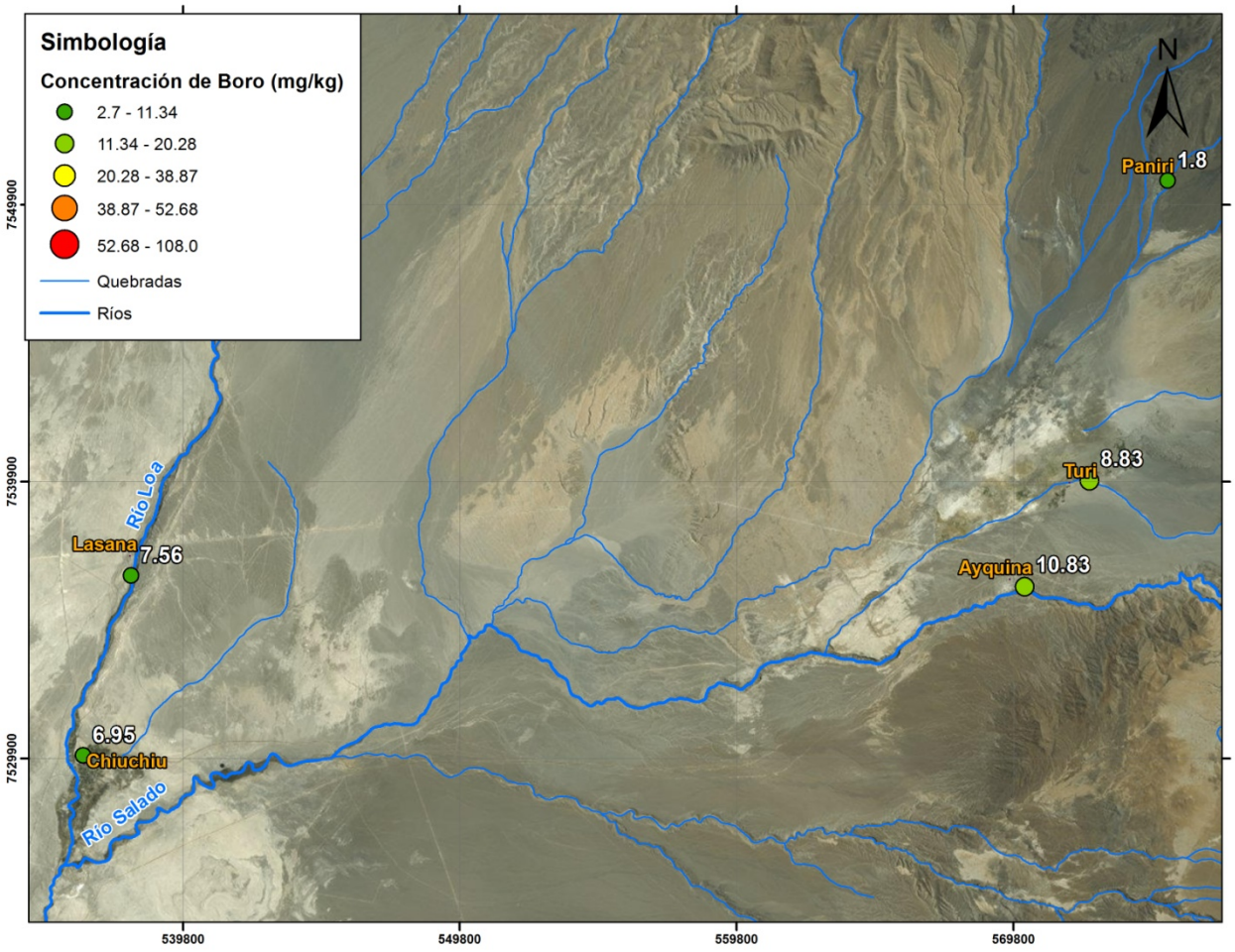



**FIGURA 5.5.3-2**
**RESULTADOS CONTENIDO DE BORO CHIU CHIU – LASANA – TURI – PANIRI - AYQUINA**

Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth.

(*) Colores indican rango de valor promedio de cada sector. Etiqueta (número) indica veces en que se supera la norma.

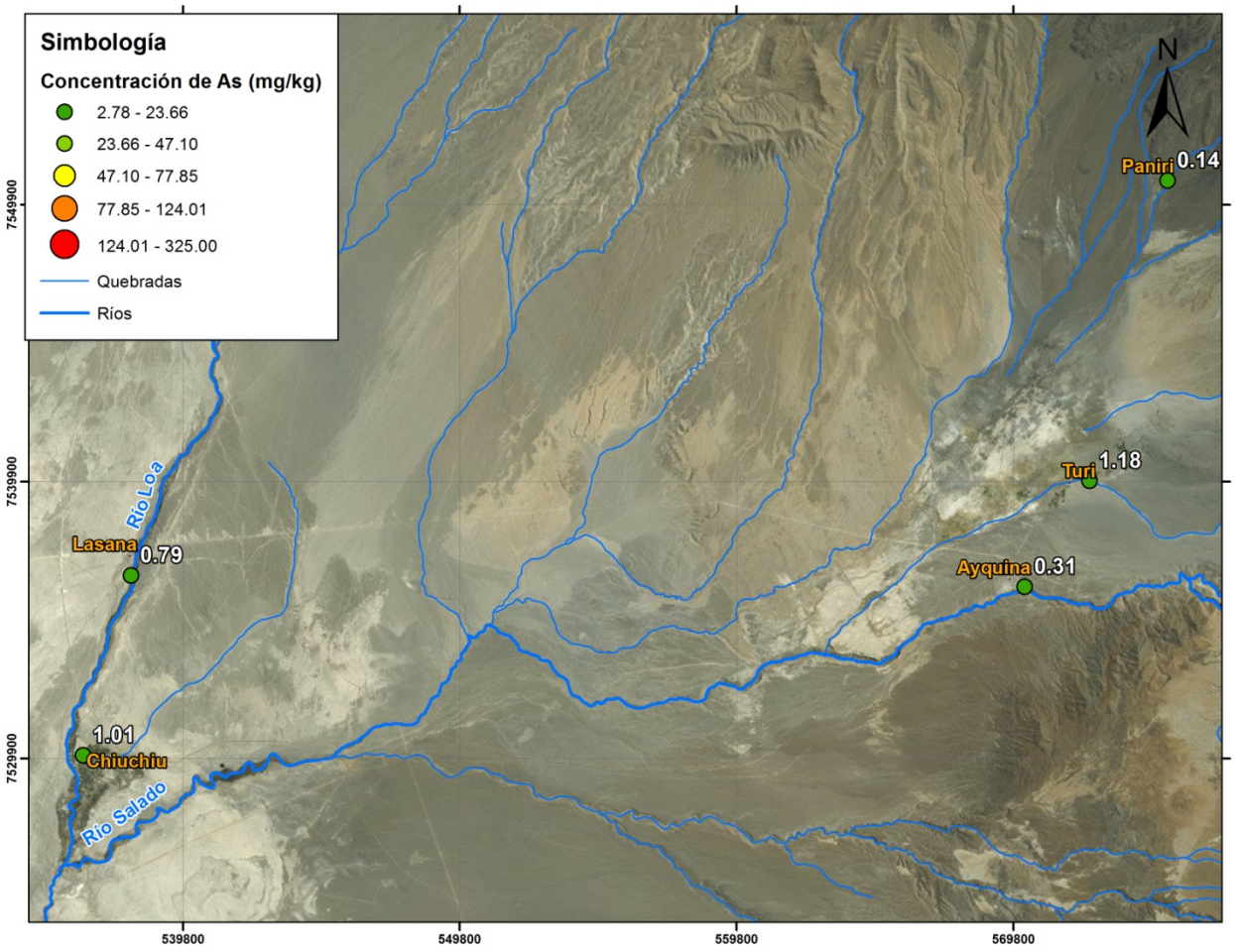



**FIGURA 5.5.3-3**
**RESULTADOS CONTENIDO DE ARSÉNICO EN CHIU CHIU – LASANA – TURI – PANIRI - AYQUINA**

Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth.

(*) Colores indican rango de valor promedio de cada sector. Etiqueta (número) indica veces en que se supera la norma.

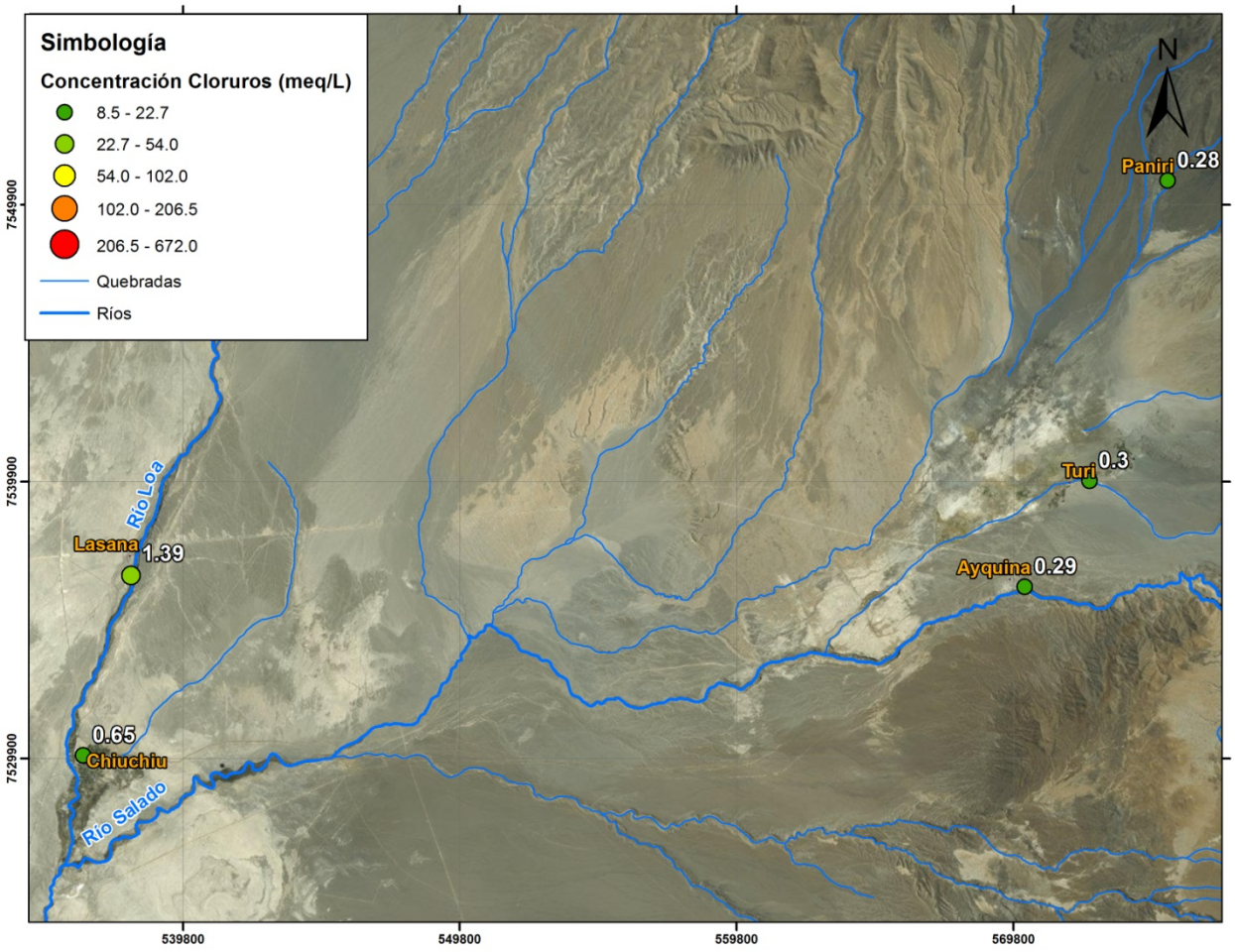



**FIGURA 5.5.3-4**
**RESULTADOS CONTENIDO DE CLORUROS EN CHIU CHIU – LASANA – TURI – PANIRI - AYQUINA**

Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth.

(*) Colores indican rango de valor promedio de cada sector. Etiqueta (número) indica veces en que se supera la norma.

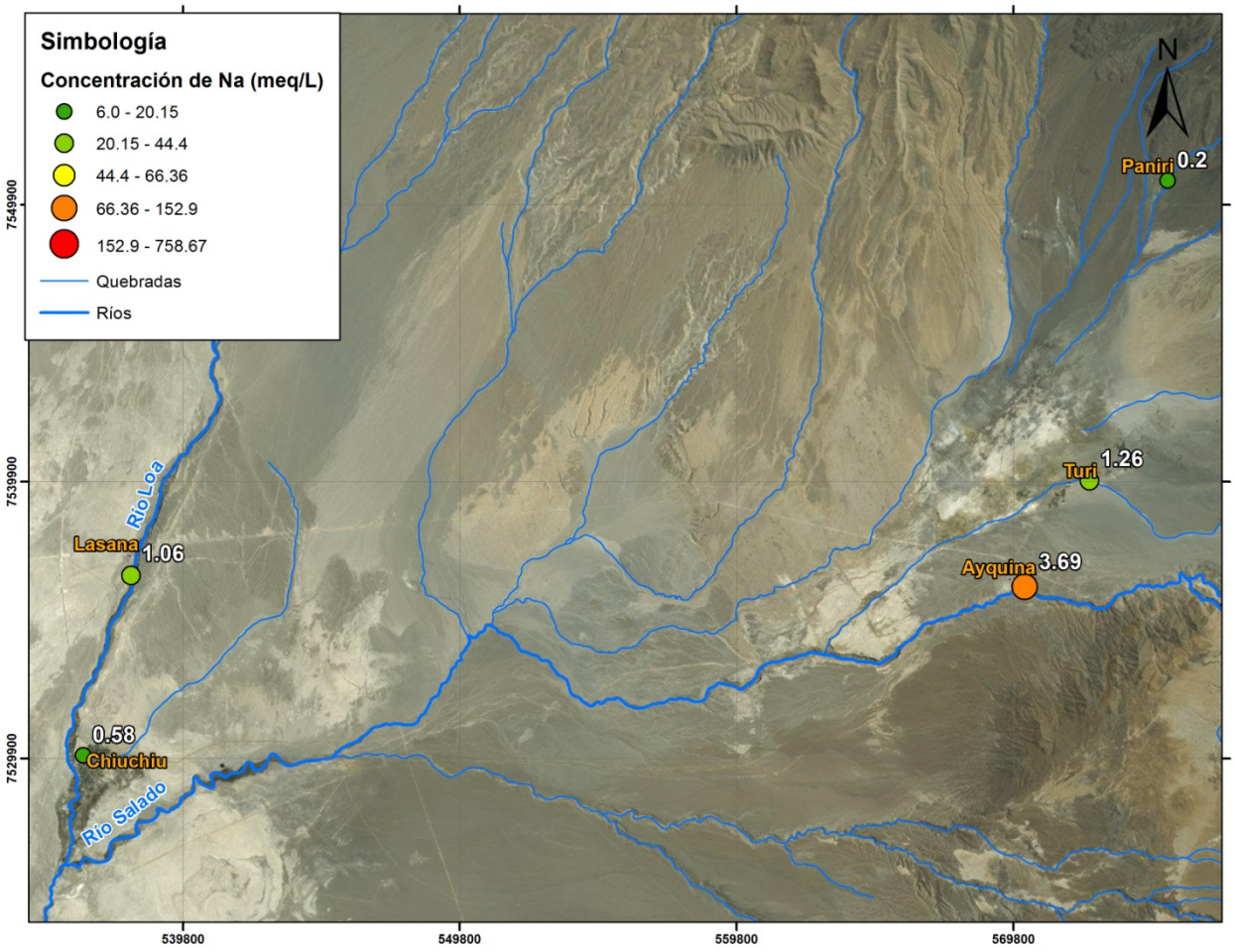



**FIGURA 5.5.3-5**
**RESULTADOS CONTENIDO DE SODIO EN CHIU CHIU – LASANA – TURI – PANIRI - AYQUINA**

Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth.

(*) Colores indican rango de valor promedio de cada sector. Etiqueta (número) indica veces en que se supera la norma.

# CAPÍTULO 6

# CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA

# 6. CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA

## 6.1. Introducción

La caracterización hidrológica desarrollada en el presente capítulo tiene por objetivo principal, generar series de caudales medios mensuales en los puntos de interés del área de estudio, con el fin de desarrollar un modelo hidrológico integrado. Los caudales generados servirán como datos de entrada a dicho modelo, en el cual se representará la totalidad del sistema y sus interacciones (ríos, bocatomas, canales, zonas de riego, etc.). Los puntos de interés a modelar corresponden a aquellas cuencas de cabecera cuyos puntos de control están ubicados inmediatamente aguas arriba de una zona de riego, o bien, en las confluencias entre 2 ríos. A continuación, se muestran aquellos contenidos necesarios para poder desarrollar la presente caracterización hidrológica.

## 6.2. Identificación de Cuencas Aportantes a los Puntos de Interés

La identificación de las cuencas de interés obedece principalmente a la ubicación de zonas de riego, estaciones fluviométricas y confluencias entre ríos. Realizando un barrido general del área de estudio, se han identificado un total de 20 puntos de interés, para los cuales fue delimitada su cuenca aportante y calculada su superficie. En el Cuadro 6.2-1 y en la Figura 6.2-1 se muestran dichas cuencas de interés.

**CUADRO 6.2-1**
**SUBCUENCAS DE INTERÉS PARA LA MODELACIÓN HIDROLÓGICA**

| ID | Nombre subcuenca | Área ($km^2$) |
|---|---|---|
| **1** | Quebradas sin nombre a Loa abajo de junta Salado | 1.986 |
| **2** | Río Salado antes de junta con Loa | 163 |
| **3** | Río Loa antes de junta con Salado | 269 |
| **4** | Río Loa aguas arriba de Lasana | 378 |
| **5** | Quebrada Yalqui antes junta con Salado | 480 |
| **6** | Quebrada Concocha antes junta con Salado | 162 |
| **7** | Quebrada Cerroqui antes junta con Salado | 437 |
| **8** | Salar Turi antes de junta con Salado | 362 |
| **9** | Quebrada sin nombre antes de junta con Salado | 16 |
| **10** | Río Salado antes con Quebrada sin nombre | 42 |
| **11** | Quebrada sin nombre antes de junta con Río Curti | 45 |
| **12** | Río Curte antes de junta con Río Caspana | 62 |
| **13** | Río Caspana antes de Caspana | 88 |
| **14** | Río Salado antes de junta con Toconce | 161 |
| **15** | Río Hojalar antes junta con Río Toconce | 169 |
| **16** | Río Toconce arriba de Represa Sendos | 157 |
| **17** | Río Loa antes de Embalse Conchi | 4.181 |
| **18** | Quebrada sin nombre aguas arriba de Caspana | 15 |
| **19** | Río Caspana-Curti antes de junta con Río Salado | 15 |
| **20** | Río Salado antes de Ayquina | 24 |

Fuente: Elaboración propia.

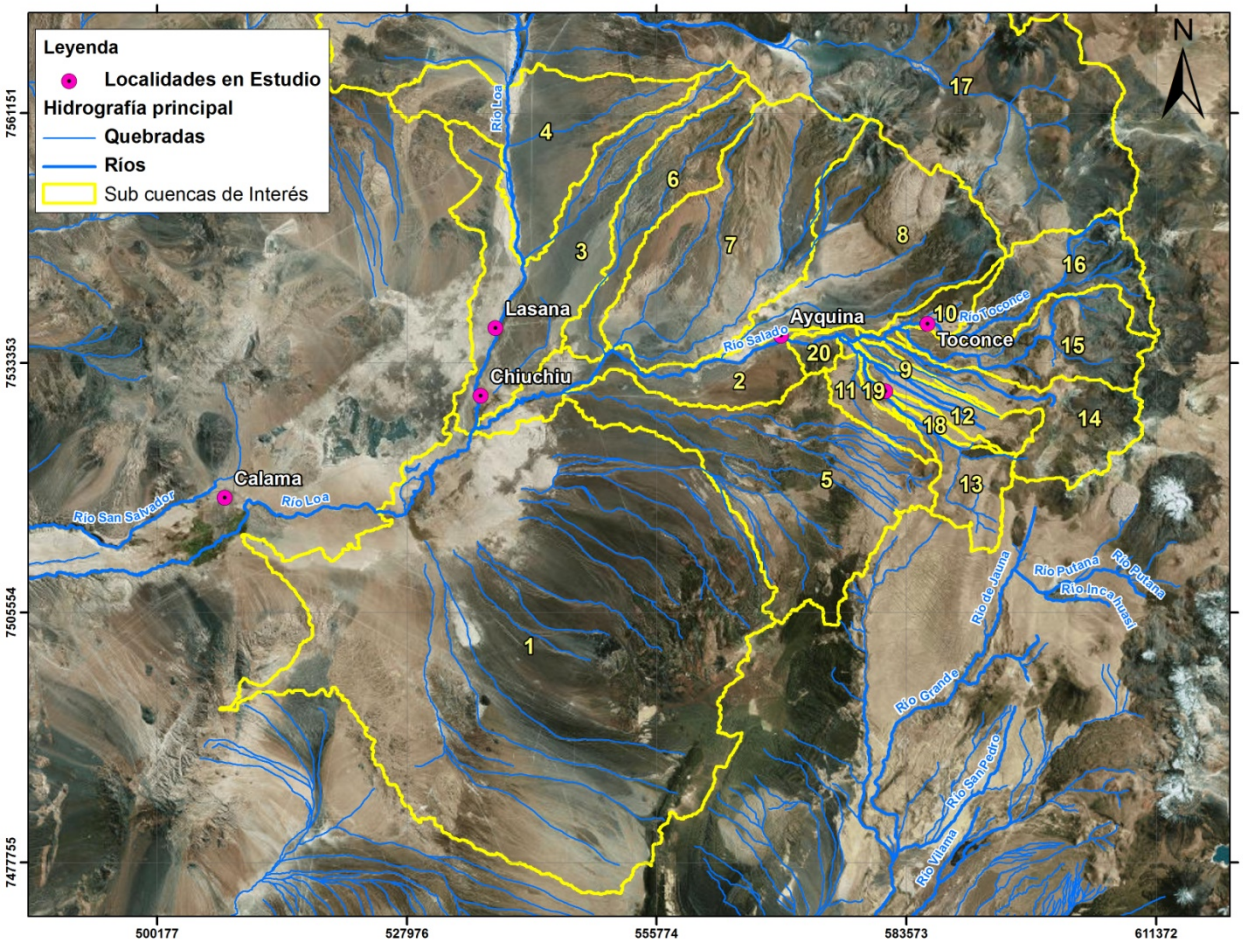



**FIGURA 6.2-1**
**SUBCUENCAS DE INTERÉS PARA LA MODELACIÓN HIDROLÓGICA**

Fuente: Elaboración propia.

Para cada una de las sub cuencas de interés se deben generar series de caudales medios mensuales. Dicha acción, tal como ya fue mencionado, se llevará a cabo mediante la calibración de un modelo hidrológico. La calibración del modelo hidrológico requiere un análisis previo de la estadística hidrometeorológica disponible en el área de estudio, lo cual se muestra en los Acápites 6.3 y 6.4.

## 6.3. Identificación de Estaciones Hidrometeorológicas Presentes en el Área de Estudio

### 6.3.1. Disponibilidad de Datos

Las estaciones pluviométricas, fluviométricas y de temperatura ubicadas en las inmediaciones del área de estudio, pertenecen a la DGA. Aquellas estaciones preseleccionadas pueden verse en la Figura 6.3.1-1 y en el Cuadro 6.3.1-1. Estas estaciones fueron

preseleccionadas por su ubicación respecto del área de estudio y posteriormente fueron filtradas según su disponibilidad de datos.

**CUADRO 6.3.1-1**
**ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS PRESELECCIONADAS ANALIZADAS**

| Código BNA | Nombre Estación | Tipo de Estación |
|---|---|---|
| 02104008-8 | Conchi Embalse | Pluviométrica/Temperaturas |
| 02104010-K | Chiu-Chiu | Pluviométrica/Temperaturas |
| 02105016-4 | Linzor | Pluviométrica/Temperaturas |
| 02105017-2 | Toconce | Pluviométrica/Temperaturas |
| 02105018-0 | Ayquina | Pluviométrica/Temperaturas |
| 02105020-2 | Salado Embalse | Pluviométrica |
| 02105022-9 | El Tatio | Pluviométrica/Temperaturas |
| 02110013-7 | Calama | Pluviométrica/Temperaturas |
| 02105021-0 | Caspana | Pluviométrica/Temperaturas |
| 02110031-5 | Río Loa En Angostura | Fluviométrica |
| 02110001-3 | Río Loa En Escorial | Fluviométrica |
| 02110004-8 | Río Loa En Finca | Fluviométrica |
| 02104002-9 | Río Loa En Salida Embalse Conchi | Fluviométrica |
| 02105001-6 | Río Salado Antes Junta Curti | Fluviométrica |
| 02105005-9 | Río Salado Antes Junta Loa | Fluviométrica |
| 02105002-4 | Río Salado En Sifón Ayquina | Fluviométrica |
| 02105007-5 | Río Toconce Antes Represa Sendos | Fluviométrica |

Fuente: Elaboración propia.

En cada estación preseleccionada se realizó un chequeo de la información disponible. Dicha información se muestra en el Cuadro 6.3.1-2. Se consideró como período de análisis, los últimos 30 años. Esto es, desde el año hidrológico 1986/87 al 2015/16.

Finalmente, luego de evaluar la disponibilidad de datos, se seleccionaron sólo aquellas estaciones pluviométricas y de temperatura cuya cantidad de meses sin información fuera inferior al 33%, y además estuviera bien ubicada respecto del área de estudio. De esta forma quedó el conjunto que se muestra en el Cuadro 6.3.1-3, las cuales se sometieron posteriormente al proceso de rellenado.

Las estadísticas fluviométricas no fueron rellenadas ya que las series completas serán modeladas en todo el período de análisis, por lo cual el relleno no es necesario. Esto se debe, a que sólo los meses con información se utilizarán en los procesos de calibración y verificación. Las precipitaciones y temperaturas sí requieren ser rellenadas puesto que son las variables independientes que alimentan al modelo hidrológico.

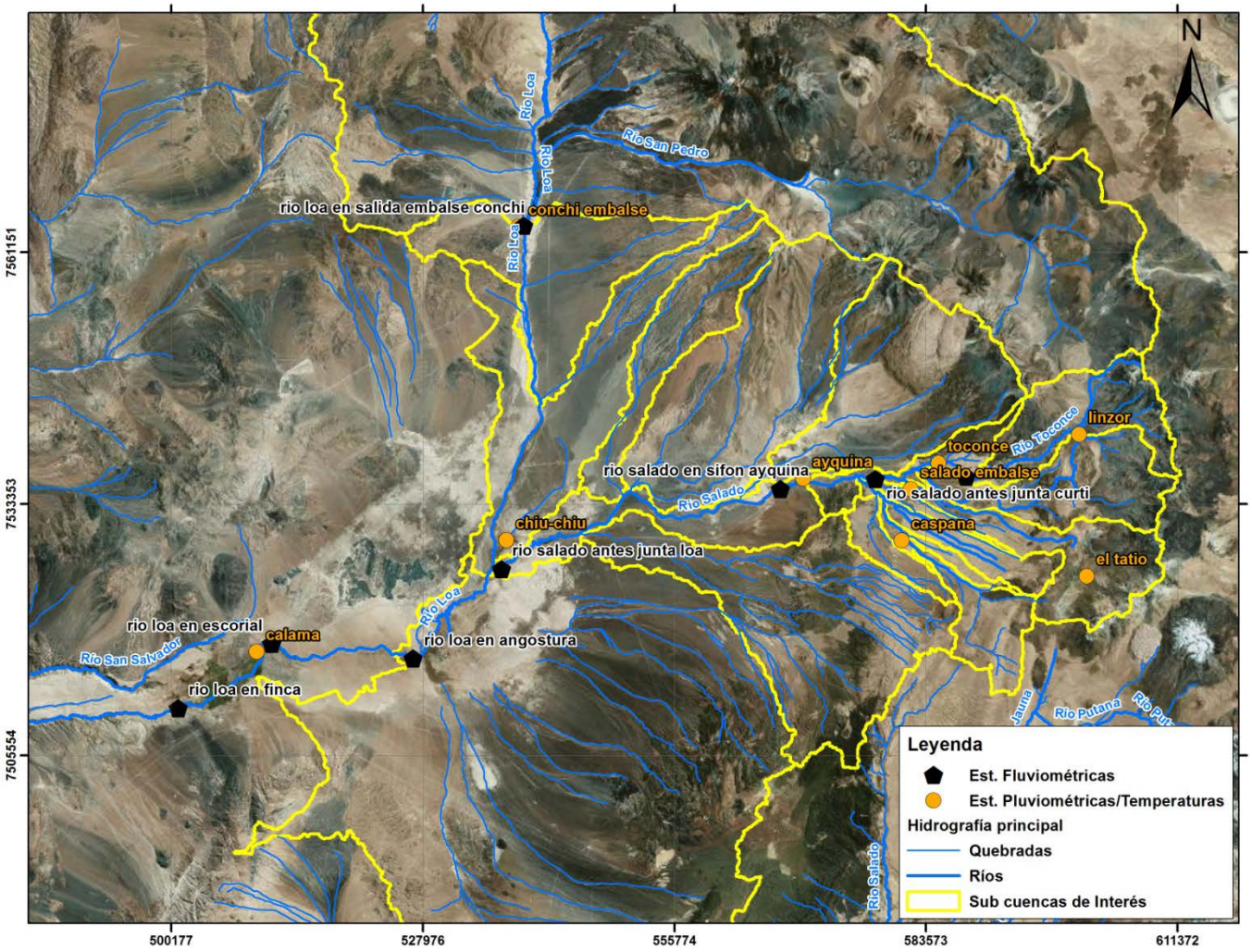



**FIGURA 6.3.1-1**
**ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO**

Fuente: Elaboración propia.

## CUADRO 6.3.1-2
## DISPONIBILIDAD DE DATOS EN ESTACIONES PRE SELECCIONADAS
## (CANTIDAD DE MESES CON DATOS)

| Estaciones Pluviométricas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Estación** | **86** | **87** | **88** | **89** | **90** | **91** | **92** | **93** | **94** | **95** | **96** | **97** | **98** | **99** | **00** | **01** | **02** | **03** | **04** | **05** | **06** | **07** | **08** | **09** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** |
| **Chiu-Chiu** | X | X | π | X | 0 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | π | X | X | X | X |
| **Ayquina** | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | π | X | X | π | X | π | X | π |
| **Salado Embalse** | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | π | X | X | X | π | X | Δ | 0 | Δ | π | X | X | X | X |
| **Toconce** | X | X | X | Δ | X | π | X | X | X | X | X | X | π | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | π | X | X | X | π |
| **Caspana** | X | X | X | Δ | X | Δ | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | 0 | | | | | | | |
| **El Tatio** | X | X | X | Δ | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | Δ | Δ | X | | π | π | X | π | π | 0 | X | π | π |
| **Linzor** | X | X | X | Δ | X | Δ | π | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | Δ | X | π | π | 0 | 0 | π | X | X | π | Δ |
| **Conchi Embalse** | X | X | X | Δ | X | Δ | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | π | X | X | X | X | X | X | X | π |
| **Calama** | X | X | X | Δ | | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | π | X | X | X | X | X | X | X | X |
| **Estaciones Fluviométricas** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Estación** | **86** | **87** | **88** | **89** | **90** | **91** | **92** | **93** | **94** | **95** | **96** | **97** | **98** | **99** | **00** | **01** | **02** | **03** | **04** | **05** | **06** | **07** | **08** | **09** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** |
| **Loa en Escorial** | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | π | π | X | X | X | π | 0 | Δ | X | X | Δ | X |
| **Loa en La Finca** | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | 0 | 0 | Δ | X | π | X | X | X |
| **Loa en Salida Emb. Conchi** | π | π | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | π | X | X | 0 | π | X | X | X | X | X | X | X | X | Δ | X | Δ | X | π |
| **Loa en Angostura** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | Δ | Δ | X |
| **Salado A.J. Curti** | X | X | X | X | X | X | X | π | X | X | X | X | X | X | π | X | X | X | X | X | X | X | π | X | X | Δ | X | X | 0 | 0 |
| **Salado A.J. Loa** | | | | | | | | | | | | | | | | | Δ | X | X | π | X | X | X | X | π | 0 | 0 | 0 | | |
| **Salado en Sifón Ayquina** | | | 0 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | 0 | X | X | X | π | X | X | Δ |
| **Toconce A.R. Sendos** | 0 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | 0 | X | X | π | π | X | Δ | Δ | 0 | 0 | π | Δ | X | X |
| **Estaciones de Temperatura** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Calama** | X | X | X | X | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Caspana** | X | X | X | X | X | Δ | X | X | X | X | 0 | | 0 | X | π | X | X | X | π | π | X | X | Δ | | | | | | | |
| **Chiu-Chiu** | X | X | X | X | 0 | 0 | X | X | X | X | X | X | π | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| **El Tatio** | X | X | π | π | 0 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | Δ | | | | 0 | | | | | | | | |
| **Linzor** | X | X | X | X | X | X | X | π | X | X | X | X | X | Δ | Δ | X | X | X | X | X | Δ | 0 | X | X | X | X | X | X | X | X |
| **Ayquina** | | | | | | | | Δ | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | π | X | X | π | X | 0 | | |
| **Toconce** | | | | | | | | 0 | X | X | 0 | | Δ | π | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | π | X | X | X | X | 0 |
| **Conchi Embalse** | X | X | X | X | 0 | Δ | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | π | 0 | Δ | 0 | X | X | X | Δ | π |

Nota: Leyenda Meses con Información:

**X** = 12 **π** > 10 **Δ** > 7 **0** < 7

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 6.3.1-3**
**ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS SELECCIONADAS PARA EL ANÁLISIS**

| Código BNA | Nombre Estación | Tipo de Estación |
|---|---|---|
| 02104008-8 | Conchi Embalse | Pluviométrica/Temperaturas |
| 02104010-K | Chiu-Chiu | Pluviométrica/Temperaturas |
| 02105016-4 | Linzor | Pluviométrica/Temperaturas |
| 02105017-2 | Toconce | Pluviométrica |
| 02105018-0 | Ayquina | Pluviométrica |
| 02105020-2 | Salado Embalse | Pluviométrica |
| 02105022-9 | El Tatio | Pluviométrica |
| 02110013-7 | Calama | Pluviométrica |
| 02105021-0 | Caspana | Pluviométrica/Temperaturas |

Fuente: Elaboración propia.

## 6.3.2. Relleno de Datos

Para el relleno de información hidrometeorológica (en este caso precipitaciones mensuales y temperaturas mensuales), se utilizó un modelo de regresión lineal corregido con una variable aleatoria (relleno estocástico) que permite preservar los parámetros estadísticos de cada serie, según la expresión:

$$Y_1 = \alpha \cdot Y_2 + \beta + \sqrt{1 - R^2} \cdot \varepsilon \cdot S_Y$$

Donde:

Y1: La variable que se desea rellenar
Y2: La variable que se utilizará para rellenar la estadística de Y1
α: Pendiente de la regresión entre la variable Y1 e Y2
β: Coeficiente de intersección de la regresión entre la variable Y1 e Y2
$R^2$: Coeficiente de determinación de la regresión entre la variable Y1 e Y2
ε: Error aleatorio asociado a una distribución normal N(0,1)
SY: Desviación estándar de la serie Y1 original

Esta metodología de relleno se presenta con más detalle en la Revista SOCHID Vol. 10, Fernández B. y Salas J., 1995, y ha sido ampliamente utilizada en estudios para la Dirección General de Aguas y Dirección de Obras Hidráulicas. La ventaja de este método es que preserva la variabilidad natural que existe originalmente entre ambas series y no ve afectado su coeficiente de determinación inicial al utilizar directamente el relleno mediante correlación lineal simple.

La metodología se puede utilizar para rellenar directamente las series de precipitación, caudales o temperaturas, o bien utilizar variables transformadas para aquellas series que poseen asimetría negativa o positiva, o una alta variabilidad de valores extremos. La naturaleza de las precipitaciones y caudales en la zona corresponde a valores con tendencias

extremas, esto significa, años muy secos y años muy húmedos respecto al valor medio de las precipitaciones.

Una vez obtenidas las series pluviométricas y de temperaturas mensuales rellenadas, se procedió a preparar la información que alimenta al modelo hidrológico en la cuenca de calibración (ver Acápite 6.7). Las series resultantes del relleno pueden verse en los Anexos 6-1 y 6-2 (precipitaciones y temperaturas respectivamente). A continuación, se resume el resultado de las variables acá mencionadas.

## 6.4. Análisis de Estadísticas Hidrometeorológicas

### 6.4.1. Información Pluviométrica

Anteriormente se mostró en la Figura 6.3.1-1 la ubicación de las estaciones pluviométricas. Como se vio anteriormente, fueron seleccionadas 9 de ellas. Todas las estaciones empleadas se usaron para generar las series pluviométricas para las 20 subcuencas identificadas. El método seguido para dicha generación se explica en el Acápite 6.7. El Gráfico 6.4.1-1 muestra las precipitaciones medias mensuales de estas estaciones. Puede notarse la clara predominancia de las lluvias provenientes del invierno altiplánico (meses de verano), sobre todo en aquellas estaciones ubicadas en las zonas altas. Las precipitaciones medias anuales de cada estación pueden verse en el Cuadro 6.4.1-1.

**CUADRO 6.4.1-1**
**PRECIPITACIONES MEDIAS ANUALES**

| Estación | Precipitación (mm) |
|---|---|
| **El Tatio** | 139 |
| **Linzor** | 136 |
| **Caspana** | 68 |
| **Chiu-Chiu** | 5 |
| **Ayquina** | 35 |
| **Saldo Emb.** | 68 |
| **Toconce** | 84 |
| **Conchi Emb.** | 19 |
| **Calama** | 3 |

Fuente: Elaboración propia.

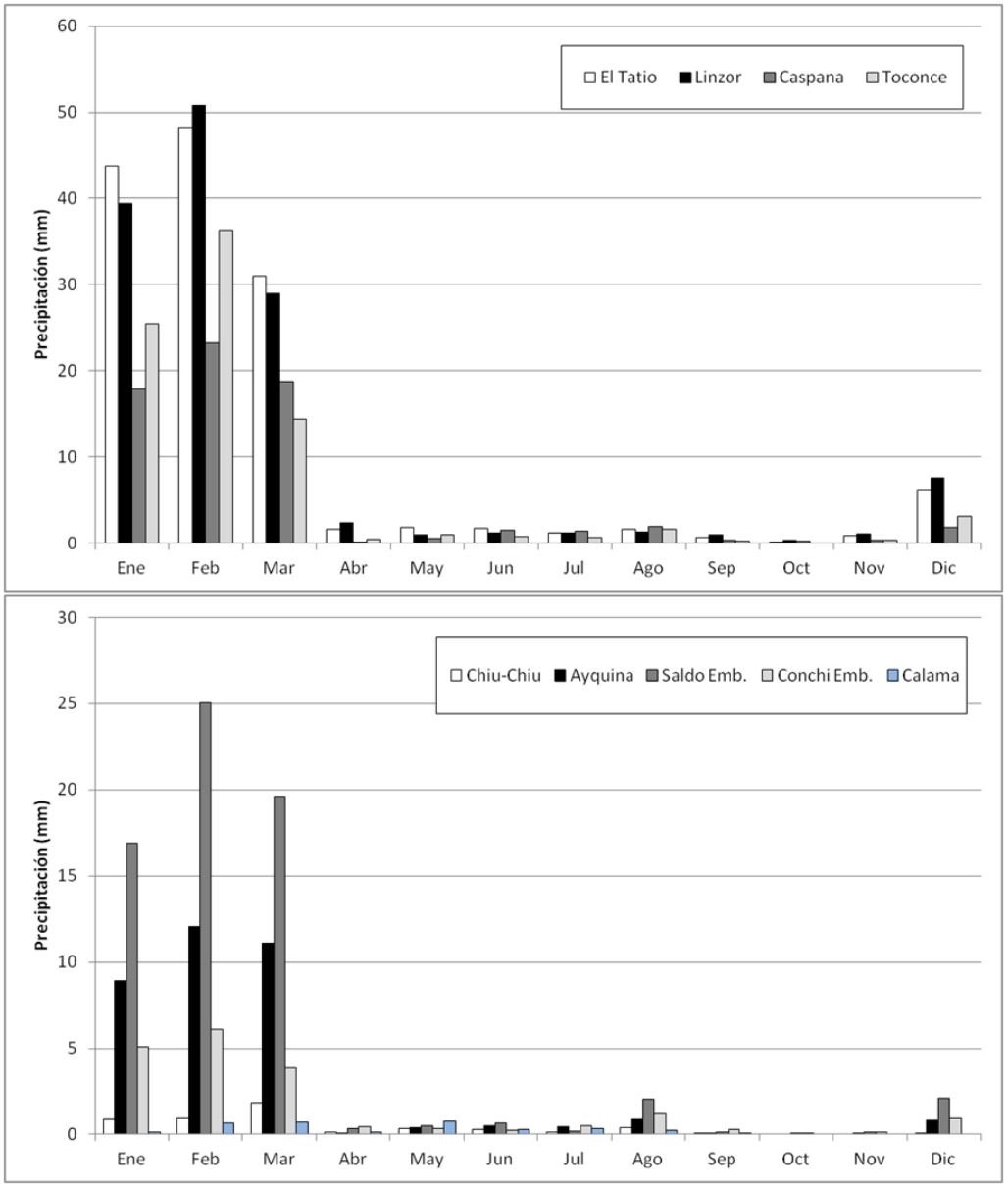



**GRÁFICO 6.4.1-1**
**PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES**

Fuente: Elaboración propia.

## 6.4.2. Información de Temperaturas

Anteriormente se mostró en la Figura 6.3.1-1 la ubicación de las estaciones fluviométricas. De las estaciones seleccionadas, finalmente se usaron sólo 4. Todas ellas fueron usadas en la generación de series de temperatura para las 20 subcuencas de interés. El método empleado para dicho propósito se describe en el Acápite 6.7. La curva de temperaturas medias mensuales de las 4 estaciones se muestra en el Gráfico 6.4.2-1. Las temperaturas medias anuales pueden verse en el Cuadro 6.4.2-1.

**CUADRO 6.4.2-1**
**TEMPERATURAS MEDIAS ANUALES**

| Estación | Temperatura (°C) |
|---|---|
| **Caspana** | 10.5 |
| **Chiu-Chiu** | 12.0 |
| **Linzor** | 4.5 |
| **Conchi Embalse** | 9.6 |

Fuente: Elaboración propia.

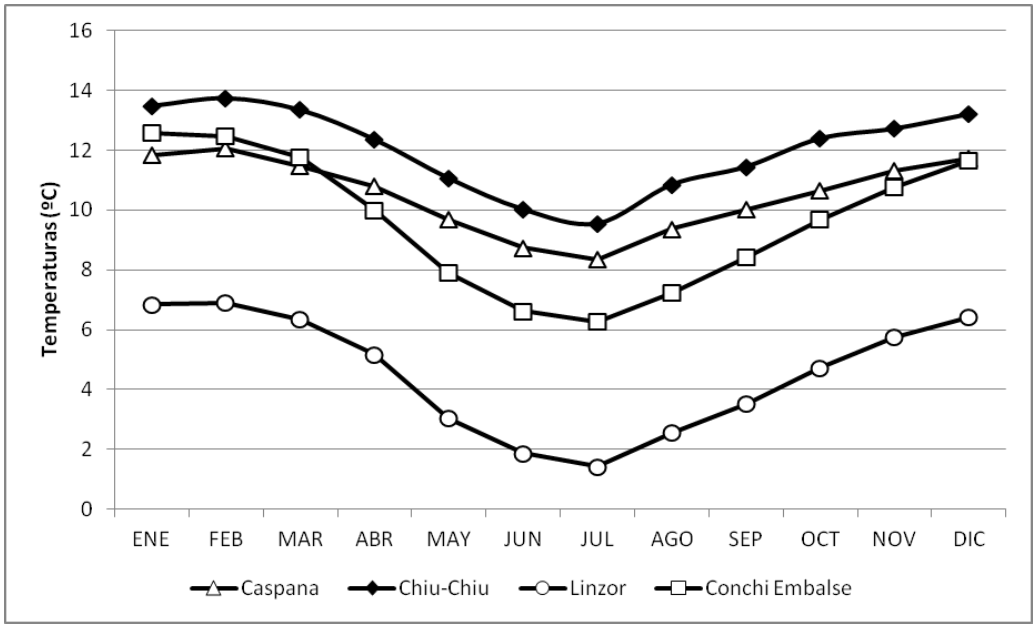



**GRÁFICO 6.4.2-1**
**TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES**

Fuente: Elaboración propia.

## 6.4.3. Información Fluviométrica

Anteriormente se mostró en la Figura 6.3.1-1 la ubicación de las estaciones fluviométricas. La estación empleada para la calibración del modelo Hidrológico que se describe en el Acápite 6.6 es "Río Toconce antes Represa SENDOS", ya que es la única estación que posee información suficiente y además se encuentra en régimen natural ya que no posee extracciones aguas arriba. Todas las estaciones fluviométricas restantes se encuentran intervenidas, por lo que no podrían ser usadas en calibración a menos que se restablezca su régimen natural, lo cual, es complejo de acuerdo a la escasa información existente sobre extracciones. Es por estos motivos que el análisis de la información fluviométrica existente se centra únicamente en la estación ya mencionada. No obstante lo anterior, las estaciones fluviométricas restantes serán utilizadas posteriormente en la verificación del modelo completo.

La curva de caudales medios mensuales se muestra en el Gráfico 6.4.3-1. El caudal medio anual de la estación "Río Toconce antes Represa SENDOS" es de 0,47 m³/s y posee un régimen marcadamente pluvial ya que, como es sabido, las cuencas altas de esta región reciben lluvias líquidas en meses de verano, originadas principalmente por el fenómeno del "Invierno Altiplánico". Lo anterior se infiere a partir de la curva de caudales medios mensuales, la cual muestra sus mayores valores en los meses de noviembre a febrero alcanzando los 0,57 m³/s en noviembre.

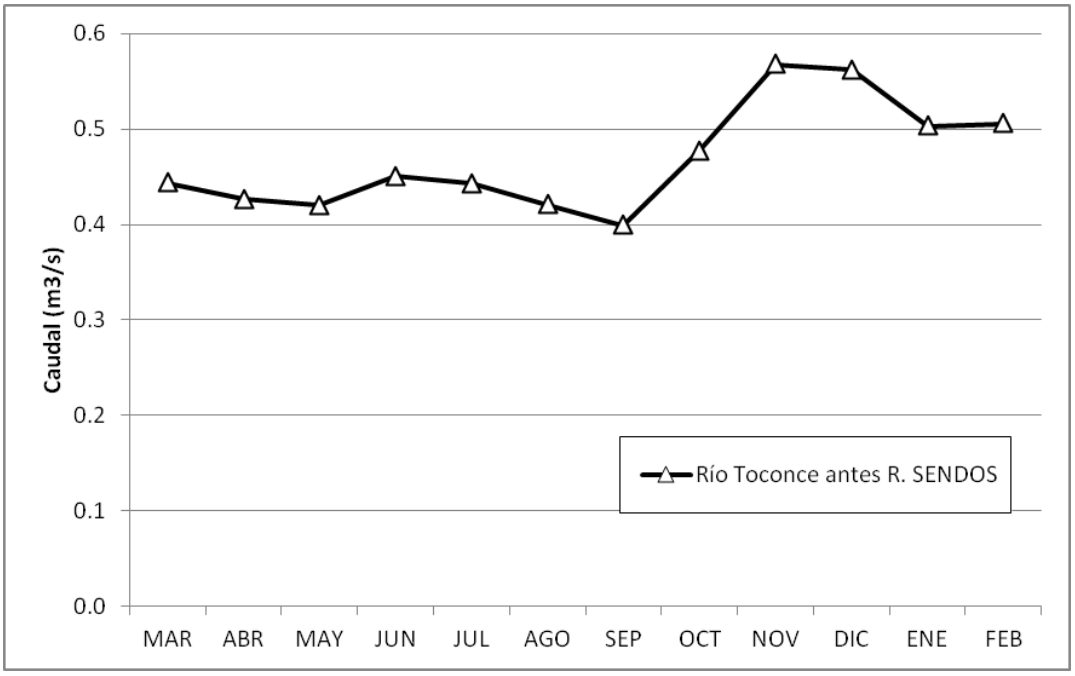



**GRÁFICO 6.4.3-1**
**CAUDALES MEDIOS MENSUALES**

Fuente: Elaboración propia.

Los datos de caudales medios mensuales de todas las estaciones consideradas pueden verse en el Anexo 6-3.

## 6.5. Pérdidas del Sistema

Con el fin de evaluar las pérdidas ocurridas a lo largo de los cauces, ya sea por infiltración o por evaporación, se realizó una campaña de aforos a lo largo de los ríos Loa y Salado. La campaña de aforo se realizó entre los días 20 y 21 de agosto de 2016. Los puntos aforados pueden verse en el Cuadro 6.5-1 y Figura 6.5-1. Por su parte, la Fotografía 6.5-1 muestra el equipo aforador en terreno durante la campaña realizada.

Los puntos aforados fueron ubicados teniendo en consideración que no existieran polos de consumo entremedio, y de esta forma poder estimar la pérdida en el cauce. De acuerdo con lo anterior, se calculó la pérdida por unidad de longitud entre los puntos 1 y 2 (Río Loa), y entre los puntos 4 y 3 (Río Salado). Las pérdidas de cauce para los tramos antes mencionados pueden verse en el Cuadro 6.5-2.

**CUADRO 6.5-1**
**AFOROS REALIZADOS EN AGOSTO 2016**

| Punto | Nombre | Descripción | Este | Norte | Caudal Aforado ($m^3/s$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Conchi | Río Loa en salida Embalse Conchi | 539.090 | 7.564.039 | 0,243 |
| 2 | LASANA | Río Loa antes de Lasana | 539.284 | 7.540.103 | 0,201 |
| 3 | RIO SALADO | Río Salado antes de junta con Loa | 535.490 | 7.526.038 | 0,400 |
| 4 | AYQUINA | Río Salado aguas abajo de Ayquina | 567.484 | 7.535.008 | 0,486 |
| 5 | RIO LOA | Río Loa Antes de junta con Salado | 535.475 | 7.526.058 | 0,106 |

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 6.5-2**
**CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS A LO LARGO DE LOS CAUCES**

| | **Río Loa** | **Río Salado** |
|---|---|---|
| **Tramo evaluado** | **1-2** | **4-3** |
| **Longitud de cauce (km)** | 26,42 | 42,47 |
| **Caudal aforado aguas arriba ($m^3/s$)** | 0,243 | 0,486 |
| **Caudal aforado aguas abajo ($m^3/s$)** | 0,201 | 0,4 |
| **Δ Q ($m^3/s$)** | -0,042 | -0,086 |
| **Pérdida (L/s/km)** | 1,59 | 2,02 |

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados obtenidos en los tramos analizados, se concluye que las pérdidas a lo largo del cauce del Río Salado (2,02 L/s/km) son mayores a las del Río Loa (1,59 L/s/km), sin embargo en términos porcentuales es al contrario, es decir, el río Salado pierde el 0,42% del caudal inicial por cada km de cauce, mientras que el río Loa pierde un 0,65% de su caudal inicial por cada km de cauce. Esta información será utilizada en la implementación del Modelo de Simulación, tomando estos resultados obtenidos como valores de referencia para los segmentos de cauce de los ríos Salado y Loa.

Los documentos de respaldo de los distintos aforos, así como las fotografías de la campaña de terreno, pueden verse en el Anexo 6-4.

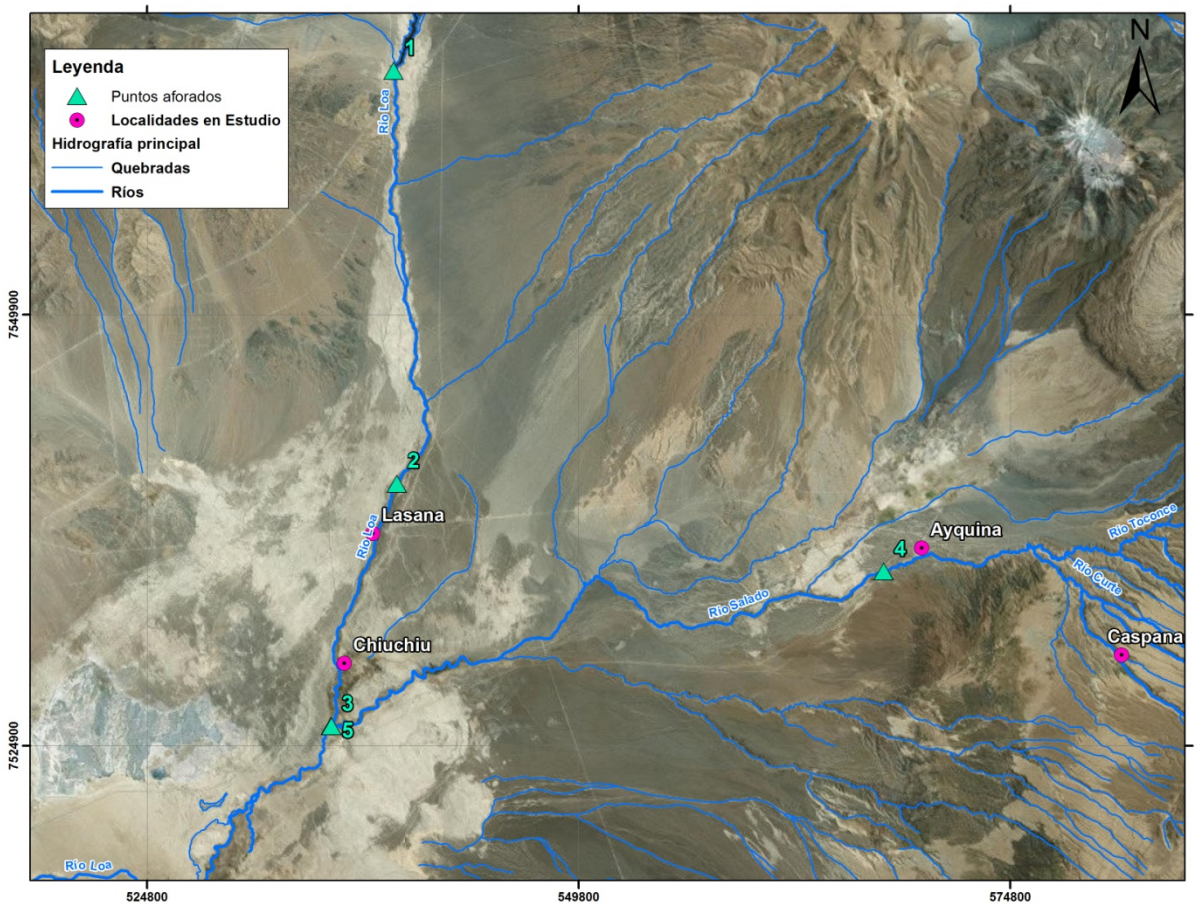



**FIGURA 6.5-1**
**UBICACIÓN DE PUNTOS AFORADOS**

Fuente: Elaboración propia.

El punto 5 será utilizado únicamente para verificar la pérdida asociada a la zona de riego de Lasana y Chiu-Chiu en el marco del proceso de modelación descrito en el Acápite 6.6, no obstante, se presenta a continuación, una comparación simplificada entre las pérdidas observadas entre los puntos 2 y 5 y las demandas de riego estimadas para el sector Lasana-Chiu Chiu. Debe tenerse en consideración que dicho análisis presenta algunas limitaciones y debe ser considerado como algo meramente referencial, ya que la merma de caudal entre ambos puntos aforados (2 y 5) puede estar explicado por diversas causas, entre ellas: infiltración de cauce, evaporación de cauce, consumo de vegetación ribereña, extracción por parte de los canales de riego, etc. Algunos de estos factores, como el consumo de la vegetación y el riego, e incluso la evaporación, dependen fuertemente de la estacionalidad. Ante esto, la medición efectuada constituye sólo un punto en el tiempo de una variable que es dinámica en el mismo y si bien se podría comparar con las extracciones que ocurren entremedio (demanda de riego), esto no implica necesariamente una conclusión coherente, ya que por ejemplo podría haber sido realizado (el aforo) justo el día u hora en que no se regó, o bien justo el día u hora en que todos regaron obteniendo análisis dispares.

**FOTOGRAFÍA 6.5-1**
**CAMPAÑA DE TERRENO DE AFOROS**

Fuente: Equipo Consultor.

Al respecto, y teniendo en cuenta todo lo antes dicho, se contrastaron las mediciones con las demandas de riego estimadas a nivel promedio en la temporada específica en que se efectuaron los aforos. Por otro lado, los factores de pérdida calculados a partir de la campaña de aforos serán utilizados como punto de partida del parámetro de calibración asociado en el modelo de simulación en WEAP. De esta forma se analizará el comportamiento del sistema en forma integral y desde la escala de tiempo mensual, con el fin de concluir acorde con el nivel de detalle requerido por el estudio.

Como puede inferirse del Cuadro 6.5-1, entre los puntos 2 y 5 existe una merma de caudal de 95 L/s. Por otro lado, la Figura 6.5-1 muestra que, en el tramo 2-5 existen los sectores de riego de Lasana y Chiu-Chiu. De acuerdo a las demandas de riego estimadas en el presente estudio (Capítulo 7 del presente Informe) para los sectores de Lasana y Chiu-Chiu se ha estimado una demanda media anual de 210 L/s, con una marcada variación estacional. La curva de demanda mensual puede verse en el Gráfico 6.5-1. La campaña de aforos fue realizada a fines de agosto de 2016, por lo tanto, la demanda esperada en dicho sector y en dicho mes sería de 37,6 L/s en promedio. Si se considera que el caudal consumido a lo largo del tramo asciende a 95 L/s, podría atribuirse la diferencia (57,4 L/s) a factores como infiltración, consumo de vegetación ribereña y evaporación, o bien podría explicarse por las circunstancias propias del día específico en que ocurrieron las mediciones, como horarios de riego, canales en mantención, diferencia entre las superficies cultivadas respecto de las estimadas a partir del censo agropecuario, adelantamiento de la temporada de riego (lo cual lleva a regar más en

Agosto respecto de lo acostumbrado históricamente), etc., tal como ya fue antes dicho, este análisis es meramente referencial.

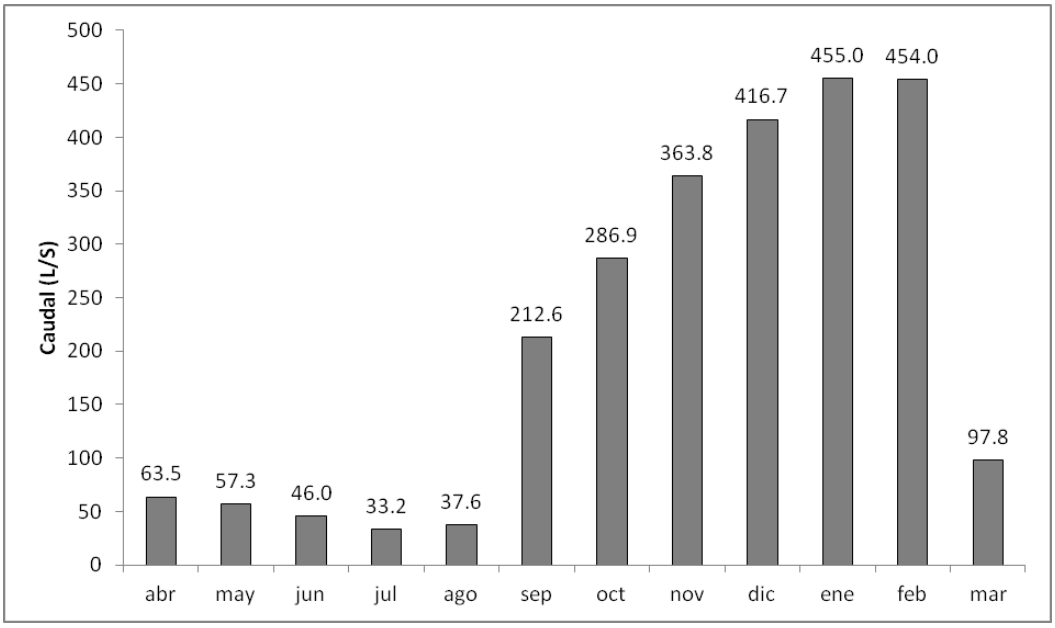



**GRÁFICO 6.5-1**
**DEMANDA DE RIEGO ESTIMADA PARA EL SECTOR LASANA-CHIU CHIU**

Fuente: Equipo Consultor.

## 6.6. Enfoque para la Modelación Hidrológica

### 6.6.1. Pasos a Seguir

Tal como fue mencionado anteriormente, el objetivo del presente capítulo es procesar la información necesaria que permita generar las series de caudales medios mensuales para las 20 subcuencas de interés definidas en el Acápite 6.2. El resultado de este proceso servirá para alimentar un modelo de simulación y operacional de todo el sistema hídrico del área de estudio. Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Pre procesamiento de las forzantes meteorológicas que alimentan el modelo de generación de caudales.

2. Calibración del modelo de Caudales en una cuenca de cabecera cuyos registros Fluviométricos se encuentren en régimen natural. En este caso, tal como ya fue dicho, la subcuenca escogida es aquella controlada por la estación “Río Toconce antes Represa SENDOS”. El modelo de generación de caudales a usar es el modelo GR2M, cuyos detalles se explican en el Acápite 6.6.2.

3. Usando los resultados de la calibración, se modelan las 20 series de caudales para las subcuencas de interés, extrapolando los parámetros de la subcuenca de calibración hacia las otras subcuencas.

4. Se construye el modelo de simulación y operacional de todo el sistema sobre la plataforma WEAP. En dicho modelo, cada una de las 20 subcuencas antes modeladas en GR2M constituyen un aporte natural que se ingresa a WEAP externamente como un nodo independiente.

5. Se completa la topología del modelo WEAP con todos sus elementos, ya sea bocatomas, canales, zonas de riego, pérdidas por infiltración de cauce (ver Acápite 6.5) y/o afloramientos, extracciones de agua potable, etc.

6. Se verifica los resultados del modelo WEAP comparando los caudales modelados con los observados en aquellas estaciones fluviométricas de régimen intervenido, ubicadas en puntos de interés a lo largo de los cauces. En caso de que el modelo no represente de manera aceptable el funcionamiento del sistema, se realizarán los ajustes a los distintos elementos modelados. Lo anterior constituye un segundo proceso de calibración y posterior validación del modelo de simulación.

### 6.6.2. Descripción del Modelo GR2M

La modelación de caudales mensuales se lleva a cabo a través de un modelo hidrológico concentrado, para el que se deben calibran sus parámetros y luego extrapolarlos al resto de la cuenca considerando la naturaleza y distribución espacial de las variables hidrometeorológicas.

La unidad de investigación en hidrología del IRSTEA-Antony (ex CEMAGREF, Francia), desarrolló una serie de modelos precipitación–escorrentía llamados modelos “GR”, que hacen referencia a un conjunto de modelos Ingenio-Rurales (se refiere a zonas rurales mecanizadas), considerados como herramientas simples y de gran alcance. Los modelos GR han evolucionado en sus diferentes versiones como el GR1A, GR2M y GR4J, donde el número indica la cantidad de parámetros a calibrar y la última letra se asocia al paso de tiempo (sigla en francés): J (diario), M (mensual) y A (anual).

En el presente estudio, se utilizó el modelo GR2M (modelo hidrológico concentrado). A pesar que posee sólo dos parámetros de ajuste, el modelo ha demostrado un buen comportamiento al compararlo con otros modelos de precipitación escorrentía por diferentes trabajos (Michel, 1989, Kabouya, 1990, Mouelhi et. Al, 2006). En Chile, estos modelos se han implementado en forma exitosa en cuencas del norte del país, para estudios de la DOH y CNR, entre ellos se encuentran:

- Modelo GR2M. “Estudio de Prefactibilidad: Alternativas de Obras de Regulación y Control de Crecidas en la Hoya del Río Salado (Afluente del Río Loa), Región de Antofagasta”. (DOH-Arrau, 2014).

- Modelo GR1A. “Construcción Embalse Umirpa Para Regadío en Cuenca Vítor, Región de Arica y Parinacota”. (CNR-Arrau, 2012).

A continuación se presentan ejemplos de los resultados obtenidos en los estudios citados.

Los Gráficos 6.6.2-1 y 6.6.2-2 muestran las series de caudales mensuales simuladas respecto de las observadas. Puede verse un ajuste satisfactorio en el comportamiento de los caudales modelados. Los indicadores de eficiencia de dichas modelaciones pueden verse en el Cuadro 6.6.2-1, obteniéndose valores de NS de 0,9 y 0,6 para las series modeladas en Salado y Umirpa respectivamente.

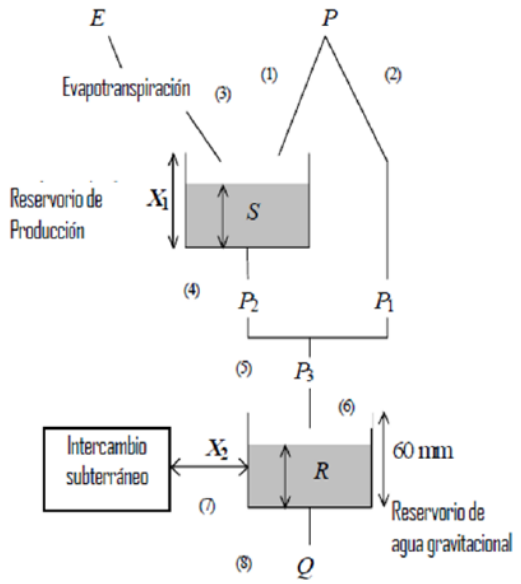
Para la aplicación del modelo GR2M se requiere información de precipitación mensual, evapotranspiración potencial y registros Fluviométricos también a nivel mensual.

**CUADRO 6.6.2-1**
**COEFICIENTES DE AJUSTE NASH-SUTCLIFFE**

| Proyecto | Modelo | Período analizado | Serie modelada | Coeficiente NS |
|---|---|---|---|---|
| **CNR-Arrau (2012)** | GR1A | 1982-2009 | Caudales anuales | 0,626 |
| **DOH-Arrau (2014)** | GR2M | 1988-2001 | Caudales mensuales | 0,916 |

Fuente: Elaboración propia a partir de CNR-Arrau (2012) y DOH-Arrau (2014)

El modelo se basa en dos parámetros asociados a distintas funciones: la función de producción del modelo se organiza alrededor de un reservorio llamado reservorio-suelo y la función de transferencia está gobernada por el segundo reservorio llamado reservorio de agua gravitacional donde el aporte es instantáneo al inicio del paso de tiempo, y luego el reservorio se vacía gradualmente. El nivel de este reservorio determina el caudal que puede liberar. En forma esquemática, el modelo se presenta en la Figura 6.6.2-1.




(1) $$S_1 = \frac{S + X_1\varphi}{1 + \varphi\frac{S}{X_1}} \quad \text{donde} \quad \varphi = \tanh\left(\frac{P}{X_1}\right)$$

(2) $$P_1 = P + S - S_1$$

(3) $$S_2 = \frac{S_1(1-\psi)}{1+\psi\left(1-\frac{S_1}{X_1}\right)} \quad \text{donde} \quad \psi = \tanh\left(\frac{E}{X_1}\right)$$

(4) $$S = \frac{S_2}{\left[1+\left(\frac{S_2}{X_1}\right)^3\right]^{1/3}}$$

(5) $$P_2 = S_2 - S \qquad P_3 = P_1 + P_2$$

(6) $$R_1 = R + P_3$$

(7) $$R_2 = X_2 R_1$$

(8) $$Q = \frac{R_2^2}{R_2 + 60}$$

**FIGURA 6.6.2-1**
**ESQUEMA DEL MODELO GR2M**

Fuente: Mouelhi et. Al, 2006.

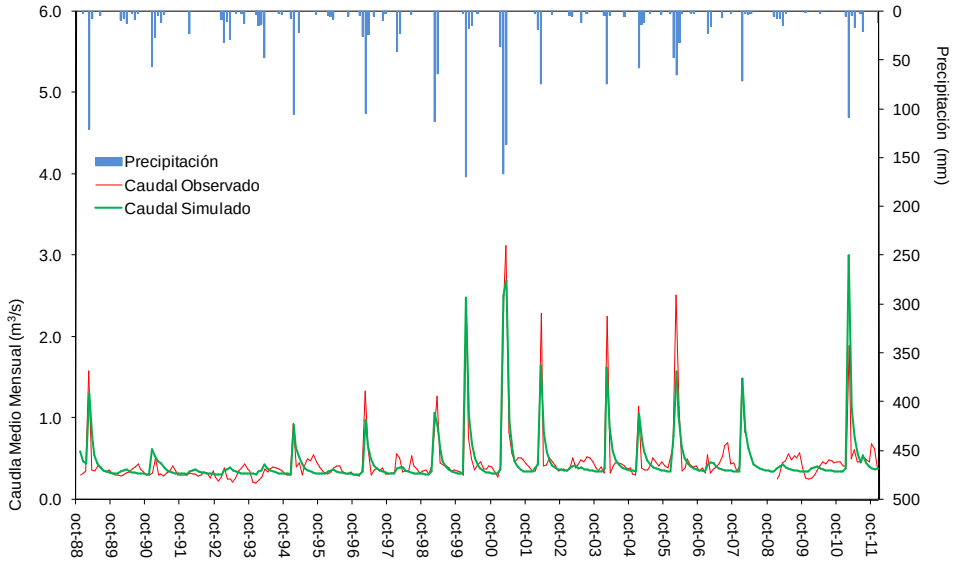



**GRÁFICO 6.6.2-1**
**COMPARACIÓN CAUDALES SIMULADOS Y OBSERVADOS CON GR2M EN PROYECTO DOH 2014 (EN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA RÍO SALADO EN SIFÓN AYQUINA)**

Fuente: DOH-Arrau (2014)

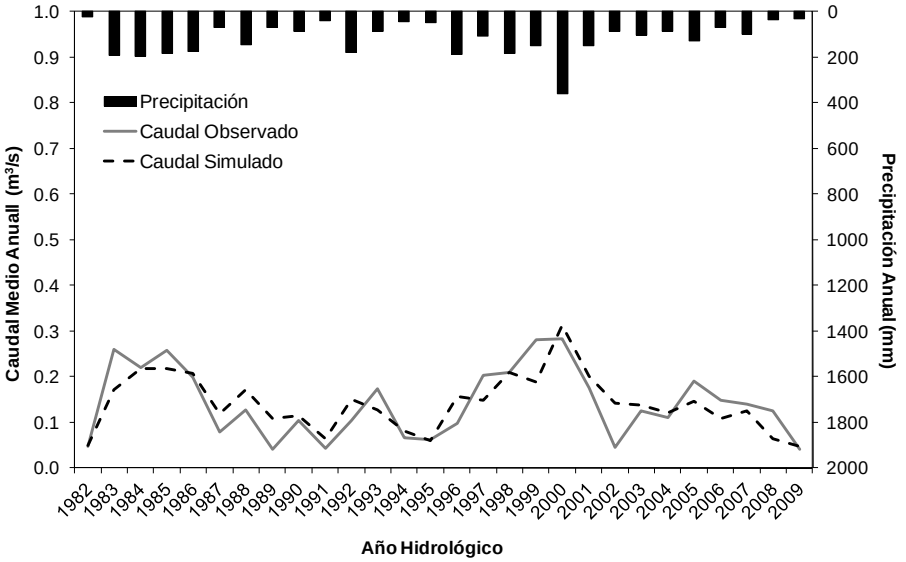



**GRÁFICO 6.6.2-2**
**COMPARACIÓN CAUDALES SIMULADOS Y OBSERVADOS CON GR1A EN PROYECTO CNR 2012 (EN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA CODPA EN CALA CALA)**

Fuente: CNR-Arrau, 2012

Los dos parámetros libres de GR2M son X1, la capacidad de almacenamiento máxima del suelo, relacionado con la función de producción, y X2, el intercambio de flujo externo (subterráneo) relacionado con la función de transferencia. Las variables internas de estado consisten en la cantidad de humedad de suelo (S), y almacenamiento cuadrático (R).

El modelo esta forzado por precipitación mensual y evapotranspiración mensual y entrega de caudales mensuales. La capacidad de almacenamiento máxima, X1, controla la respuesta a los eventos de precipitación, y en cierta medida la variabilidad del flujo. Mientras X1 aumenta el flujo simulado depende menos los eventos actuales y más del almacenamiento previo, o sea de los eventos pasados. Para pequeños X1, la precipitación es transformada directamente como exceso de precipitación y es rastreada como flujo de salida. En otras palabras, X1 controla la respuesta y el comportamiento como filtro del modelo.

## 6.7. Calibración Modelo GR2M

### 6.7.1. Generación de series de Precipitación mensual

Usando las estadísticas pluviométricas procesadas y rellenadas, se calculó una serie de precipitaciones para cada una de las 20 subcuencas a modelar. El método empleado para generar estas series fue el de Polígonos de Thiessen. La Figura 6.7.1-1 muestra el trazado de los polígonos. Posteriormente se calcularon los coeficientes de cada polígono al interior de cada subcuenca y se estimó la precipitación media de cada subcuenca mes a mes. Los coeficientes

resultantes pueden verse en el Cuadro 6.7.1-1, mientras que los datos de las series resultantes pueden verse en el Anexo 6-5.

**CUADRO 6.7.1-1**
**COEFICIENTES POLÍGONOS DE THIESSEN**

| Sub cuenca | El Tatio | Linzor | Caspana | Chiu-Chiu | Ayquina | Salado Embalse | Toconce | Conchi Embalse | Calama | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,61 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,26 | 1,00 |
| **2** | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,40 | 0,60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 |
| **3** | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,721 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,278 | 0,00 | 1,00 |
| **4** | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,017 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,983 | 0,00 | 1,00 |
| **5** | 0,00 | 0,00 | 0,65 | 0,08 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 |
| **6** | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,21 | 0,39 | 0,00 | 0,00 | 0,40 | 0,00 | 1,00 |
| **7** | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,94 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 1,00 |
| **8** | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,24 | 0,06 | 0,65 | 0,00 | 0,00 | 1,00 |
| **9** | 0,06 | 0,00 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,76 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 |
| **10** | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,77 | 0,00 | 0,00 | 1,00 |
| **11** | 0,00 | 0,00 | 0,91 | 0,00 | 0,01 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 |
| **12** | 0,45 | 0,00 | 0,48 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 |
| **13** | 0,61 | 0,00 | 0,39 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 |
| **14** | 0,85 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 1,00 |
| **15** | 0,21 | 0,61 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 1,00 |
| **16** | 0,00 | 0,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 1,00 |
| **17** | 0,00 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,07 | 0,81 | 0,00 | 1,00 |
| **18** | 0,17 | 0,00 | 0,83 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 |
| **19** | 0,00 | 0,00 | 0,69 | 0,00 | 0,00 | 0,31 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 |
| **20** | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,83 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 |

Fuente: Elaboración propia.

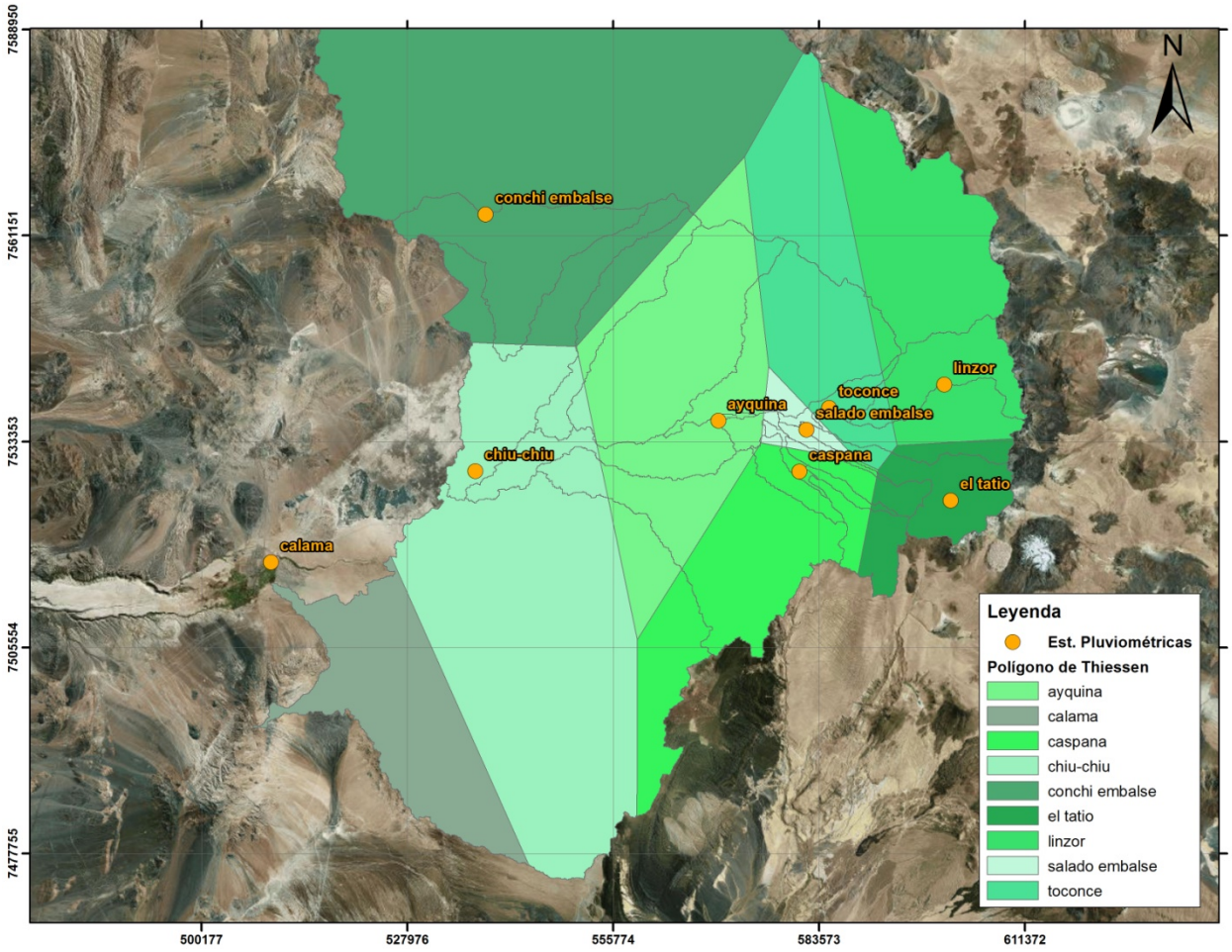



**FIGURA 6.7.1-1**
**RED DE POLÍGONOS DE THIESSEN EMPLEADA**

Fuente: Elaboración propia.

## 6.7.2. Estimación de la Evapotranspiración Potencial

La Evapotranspiración potencial (ETP) se estimó a partir de la temperatura media mensual procesada en el Acápite 6.4.2. Los pasos seguidos fueron los siguientes:

1. Se asignó a cada subcuenca, una de las 4 estaciones de temperatura seleccionada. Dicha estación corresponde a la más cercana.

2. Usando el mapa de isotermas anuales de la DGA 1987, se calculó la temperatura media anual de cada subcuenca empleando el método de las isolíneas, en el cual se divide cada cuenca en zonas homogéneas de temperatura definidas por las isotermas, se calcula la superficie de cada zona y finalmente un promedio ponderado para la cuenca.

3. Se calculó un factor de corrección para cada subcuenca. Este factor está dado por el cociente entre la Temperatura media anual calculada a partir de las Isoterma DGA y la calculada a partir de la estación representativa. Este factor de corrección se multiplicó por la temperatura de cada mes. De esta forma se mantuvo la media anual de las isotermas, representativa para toda la sub cuenca, pero con la variación intermensual de la estación. Así se obtuvo una serie de temperaturas medias mensuales representativas de cada subcuenca.

4. Las series de temperatura de cada subcuenca fueron ingresadas al modelo de Oudin et al. (2005)[1], el cual permite estimar la ETP (evapotranspiración potencial) a partir de la temperatura.

El modelo de Oudin et al. (2005) se basa en la siguiente expresión para estimar la ETP:

$$ETP = \frac{R_e}{\lambda \rho} \cdot \frac{T_a + K_1}{K_2} \quad (Ecc\ 6.7.2-1)$$

Donde *ETP* es la evapotranspiración potencial diaria (en mm/d), $R_e$ es la radiación solar extraterrestre en MJ/m$^2$/d, la cual depende únicamente de la latitud y del día juliano, λ es el flujo de calor latente (28,5 MJ/Kg), ρ es la densidad del agua (1.000 kg/m$^3$), $T_a$ es la temperatura media del aire (°C), mientras que $K_1$ y $K_2$ (ambas en °C) son parámetros de ajuste que varían para cada modelo de escorrentía que se desee implementar. Para efectos de la presente modelación, $K_1$ adoptó el valor por defecto (5 °C), mientras que $K_2$ adoptó el valor de 100 °C inicialmente y posteriormente fue calibrado en la modelación GR2M con el fin de ajustar de la mejor manera posible las salidas de caudal. Los valores de ETP diaria se agregan mensualmente para obtener las series en la escala de tiempo requerida (mensual).

En el Cuadro 6.7.2-1 se muestra la asignación de la estación más representativa de cada subcuenca, y la temperatura media anual calculada con las Isotermas DGA 1987. Por su parte, la Figura 6.7.2-1 muestra un ejemplo del método de las Isotermas, empleado para estimar la Temperatura media anual de cada subcuenca, y finalmente el Gráfico 6.7.2-1 muestra un ejemplo de las ETP medias mensuales estimadas a partir de la serie de temperaturas, usando el modelo de Oudin et al. (2005)

Con el fin de poder contrastar los valores de ETP que entrega el modelo de Oudin et al. (2005), se acudió al Atlas Bioclimático (Universidad de Chile, 2012). En el Cuadro 6.7.2-1 se muestran los valores de ETP mensual para el distrito bioclimático más representativo de la

[1] Oudin, L., Hervieu, F., Michel, C., Perrin, C., Andréassian, V., Anctil, F. and Loumagne, C., 2005. Which potential evapotranspiration input for a rainfall-runoff model? Part 2 - Towards a simple and efficient PE model for rainfall-runoff modelling. Journal of Hydrology 303(1-4), 290-306.

cuenca de calibración (distrito m241 Ha72) en comparación con lo entregado con el modelo de Oudin *et al* (2005).

**CUADRO 6.7.2-1**
**ESTACIÓN REPRESENTATIVA DE CADA SUBCUENCA Y TEMPERATURAS ANUALES SEGÚN ISOTERMAS**

| Subcuenca | Estación de T° representativa | T° media anual según isotermas DGA (°C) |
|---|---|---|
| **1** | Chiu Chiu | 11,2 |
| **2** | Chiu Chiu | 10,0 |
| **3** | Chiu Chiu | 9,0 |
| **4** | Conchi Embalse | 8,6 |
| **5** | Caspana | 8,4 |
| **6** | Conchi Embalse | 6,6 |
| **7** | Caspana | 7,7 |
| **8** | Caspana | 4,9 |
| **9** | Caspana | 6,2 |
| **10** | Linzor | 5,0 |
| **11** | Caspana | 7,9 |
| **12** | Caspana | 4,0 |
| **13** | Caspana | 2,6 |
| **14** | Caspana | 2,2 |
| **15** | Linzor | 2,4 |
| **16** | Linzor | 1,3 |
| **17** | no se modela | 3,8 |
| **18** | Caspana | 4,8 |
| **19** | Caspana | 8,0 |
| **20** | Caspana | 10,0 |

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 6.7.2-2**
**ETP DISTRITO M241HA72 (mm)**

| Fuente | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Anual |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Atlas | 90,6 | 89 | 82,6 | 74 | 66,1 | 60,7 | 58,7 | 60,3 | 65,3 | 73,1 | 81,8 | 88,6 | 890,8 |
| Oudin *et al.* | 36,7 | 32,6 | 30,4 | 23,7 | 18,6 | 15,3 | 16,2 | 20,1 | 24,3 | 30,3 | 33,0 | 36,1 | 317,2 |

Fuente: Atlas Bioclimático (Universidad de Chile, 2012) y Elaboración propia a partir de Oudin *et al.* (2005)

Como puede verse, en la primera estimación de las ETP modeladas, las diferencias son significativas respecto de las entregadas por el Atlas Bioclimático. Las ETP del Atlas son más confiables puesto que provienen de un estudio local realizado especialmente en Chile. Por este motivo, las ETP modeladas debieron ser corregidas mediante la calibración del parámetro $K_2$. Para conocer el entorno adecuado de dicho parámetro se toma como referencia el factor de corrección que se obtiene al dividir la ETP anual del Atlas Bioclimático por la ETP anual obtenida por el modelo Oudin et al. Dicho factor de corrección es de 2,8, es decir, la ETP entregada por el

Atlas Bioclimático, es aproximadamente el triple de la ETP entregada por el modelo. Dicho valor fue usado como punto de partida, en la calibración del $K_2$ en la modelación GR2M.

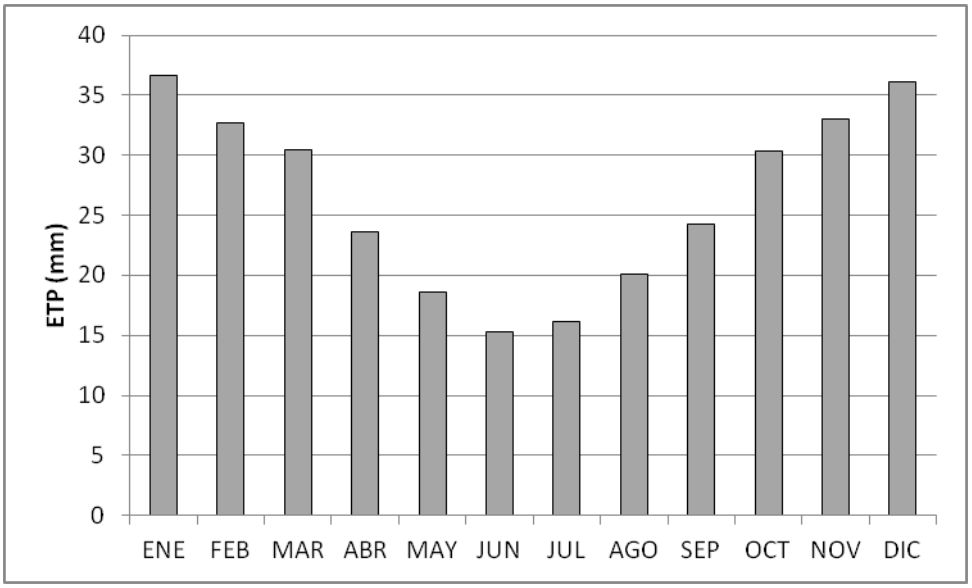



**GRÁFICO 6.7.2-1**
**ETP MEDIA MENSUAL SUBCUENCA RIO TOCONCE ANTES REPRESA SENDOS**

Fuente: Elaboración propia a partir de Oudin *et al*. (2005).

Las series de Temperatura Media Mensual y ETP estimadas para cada subcuenca pueden verse en el Anexo 6-6.

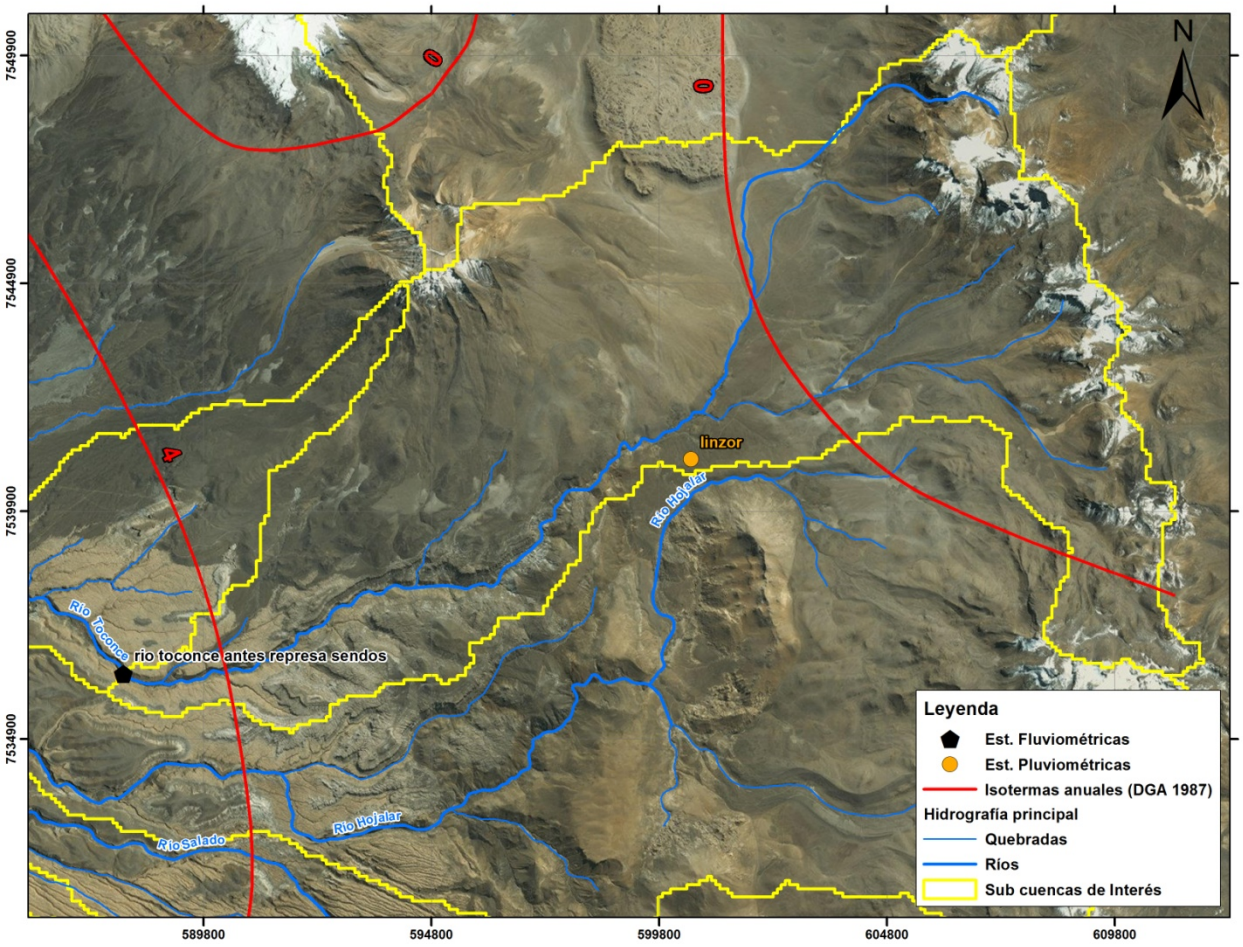



**FIGURA 6.7.2-1**
**ISOTERMAS MEDIAS ANUALES EN SUBCUENCA RIO TOCONCE ANTES REPRESA SENDOS**

Fuente: Elaboración propia a partir de DGA 1987.

## 6.7.3. Resultados de la Calibración

La cuenca empleada para la calibración de caudales con GR2M es aquella definida por la estación fluviométrica "Río Toconce antes Represa SENDOS", ya que posee registros en régimen natural. El modelo fue alimentado con las series de precipitación generada para esta subcuenca, siguiendo el método explicado en el Acápite 6.7.1 y por la serie de ETP según lo explicado en el Acápite 6.7.2.

El ajuste de los parámetros del modelo se realizaría entre el periodo 03/1986 a 02/2011, sin embargo, de acuerdo a lo determinado tras revisar la bitácora de mantención de la estación fluviométrica y haber consultado a los profesionales del departamento de hidrología a cargo de la administración de las estaciones, el período de tiempo más confiable resulta ser desde 01/1987 a 12/2000. Asimismo, la estación posee ciertos eventos mal medidos, todos los cuales debieron ser descartados de la serie. La forma para identificar aquellos eventos mal

medidos fue comparando en paralelo los caudales medidos por la estación "Río Toconce antes Represa SENDOS" con aquellos medidos en la estación "Río Salado en Sifón Ayquina", ubicada aguas debajo de la primera. De acuerdo a lo consultado directamente al personal DGA, la estación del Río Salado posee estadísticas más confiables, por lo que puede ser usado como referente. Aquellos eventos de crecida que fueron descartados corresponden a aquellos que por lógica quedaron mal medidos, es decir, crecidas que son mayores en la estación que está aguas arriba que en la que está aguas abajo, considerando que las áreas aportantes son muy distintas: el área aportante a "Río Salado en Sifón Ayquina" es de 809,67 $km^2$, mientras que la de "Río Toconce antes Represa SENDOS" es de 156,8 $km^2$. Inconsistencias como la recién señalada y otras, fueron méritos suficientes para descartar ciertos eventos de crecida.

La función objetivo que se maximizó corresponde al coeficiente de Eficiencia Nash-Suctlife (E), el cual indica el grado de ajuste entre los caudales observados y los modelados. Éste corresponde a uno de los indicadores de eficiencia más usados en este tipo de modelos, el cual varía desde $-\infty$ hasta 1, siendo el 1 el ajuste perfecto entre los datos observados y los modelados. Valores sobre 0 ya indican que el modelo es mejor que un comportamiento completamente aleatorio. Se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$E = 1 - \frac{\sum_{t=1}^{T}(Q_o^t - Q_m^t)^2}{\sum_{t=1}^{T}(Q_o^t - \overline{Q_o})^2} \qquad Ecc.\,6.7.3-1$$

Donde *Qo* son los caudales observados, *Qm* son los caudales modelados y el $\overline{Qo}$ es el promedio de los *Qo*. El súper índice t indica el paso de tiempo.

En el Cuadro 6.7.3-1 se muestran los resultados de E obtenidos, tanto para la serie de tiempo completa modelada, la curva de medias mensuales, promedios anuales y curva de duración mensual. Los gráficos de cada tipo de ajuste pueden verse en los Gráficos 6.7.3-1 a 6.7.3-4

Como puede verse, los valores del coeficiente E resultan satisfactorios (sobre 0,5) para todos los casos analizados en el Cuadro 6.7.3-1. Al observar el Gráfico 6.7.3-2, se aprecia que el ajuste visual es bastante satisfactorio en todos los meses a excepción de febrero. Se advierte además que el comportamiento de los caudales presenta una baja variabilidad en todo el año, a excepción de los meses de verano donde tienden a aumentar producto de eventos extremos, esta condición hace que el indicador E sea más exigente ya que la serie presenta una baja variabilidad. Esto se reafirma al observar el Gráfico 6.7.3-1, el cual muestra que el mayor desajuste ocurre precisamente durante los eventos extremos, los cuales no necesariamente se anteceden por una lluvia importante ni tampoco en términos proporcionales. Por ejemplo, se tiene que la crecida de febrero de 1997 alcanza un caudal de 0,66 $m^3/s$ con una lluvia de 147 mm en el mismo mes, mientras que en la crecida de enero de 2000 se observa un caudal de

1,63 m³/s con una lluvia de 187,5 mm. Como se ve, en la primera crecida llovió cerca de un 30% menos que en la segunda, pero su caudal fue casi un 60% menos. Esta no proporcionalidad se explica por la naturaleza de las precipitaciones en esta región, las cuales se caracterizan por manifestarse como eventos localizados, muy concentradas en el tiempo y en el espacio y que se desencadenan de manera repentina. De esta forma, es muy probable que las precipitaciones registradas por las estaciones pluviométricas no sean representativas de la precipitación caída en la zona alta, pudiendo incluso marcar 0 mm, mientras que, en la alta cordillera llueve lo suficiente como para originar una crecida, o viceversa (lluvias importantes, pero sin crecida asociada). Un ejemplo de esto puede verse en enero de 1995, donde caen 116,5 mm, sin embargo, no se observa ninguna crecida significativa. Se debe mencionar, además, que el caudal medio anual modelado (0,464 $m^3/s$) difiere del observado (0,456 $m^3/s$) sólo en un 1,7% lo cual corresponde a un error muy bajo.

**CUADRO 6.7.3-1**
**RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PROCESO DE CALIBRACIÓN**

| Ajuste | E |
|---|---|
| **Serie mensual completa** | 0,70 |
| **Curva promedios mensuales** | 0,58 |
| **Curva promedios anuales** | 0,69 |
| **Curva de duración mensual** | 0,79 |

Fuente: Elaboración propia.

Los elementos antes expuestos, dan cuenta de una hidrología compleja, por lo que el resultado de la calibración acá realizada resulta ser más que satisfactorio. Se observa además, como el modelo a pesar de simplificar los procesos físicos mediante expresiones matemáticas, entrega buenos resultados, por lo que se considera adecuado para generar series de caudal en zonas sin control fluviométrico.

Finalmente, se muestra el Cuadro 6.7.3-2 con los resultados de los parámetros calibrados para la subcuenca modelada.

Los resultados de la calibración pueden verse en el Anexo 6-7.

**CUADRO 6.7.3-2**
**PARAMETROS AJUSTADOS DEL MODELO GR2M Y OUDIN *ET AL*. 2005**

| Modelo | Parámetro | 1986-2001 |
|---|---|---|
| **GR2M** | **X1: Capacidad de almacenamiento** | 173,59 |
| | **X2: Parámetro de intercambio** | 2,85 |
| **Oudin et al. 2005** | **$K_2$: constante de ajuste de la ETP** | 20 |

Fuente: Elaboración Propia

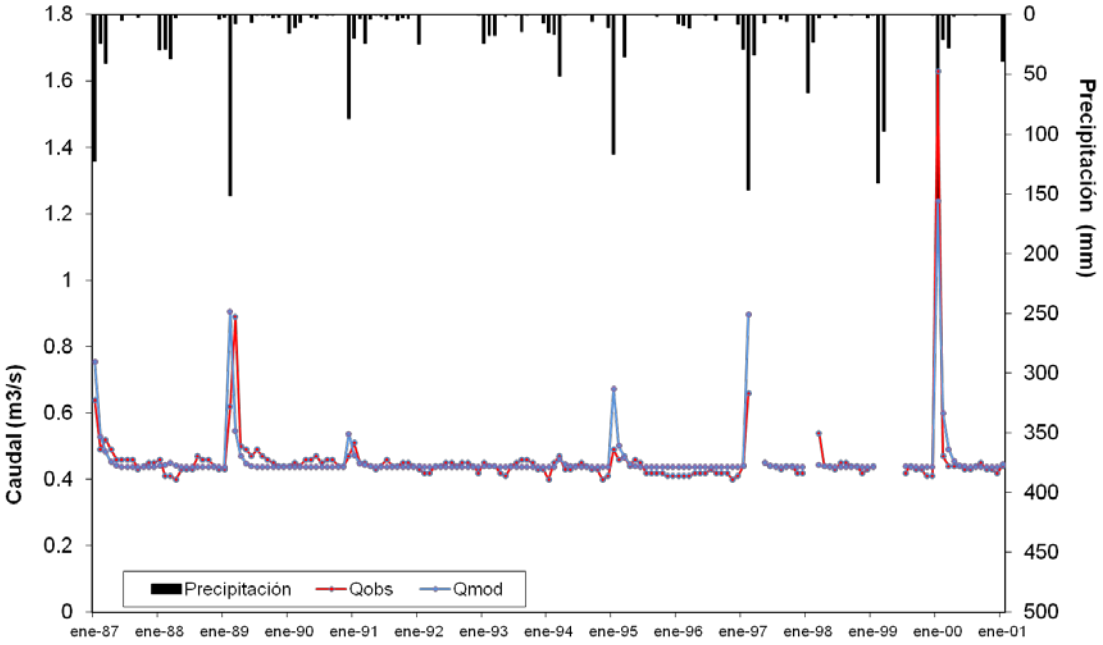



**GRÁFICO 6.7.3-1**
**COMPARACIÓN CAUDALES OBSERVADOS Y MODELADOS SERIE DE TIEMPO COMPLETA**

Fuente: Elaboración propia

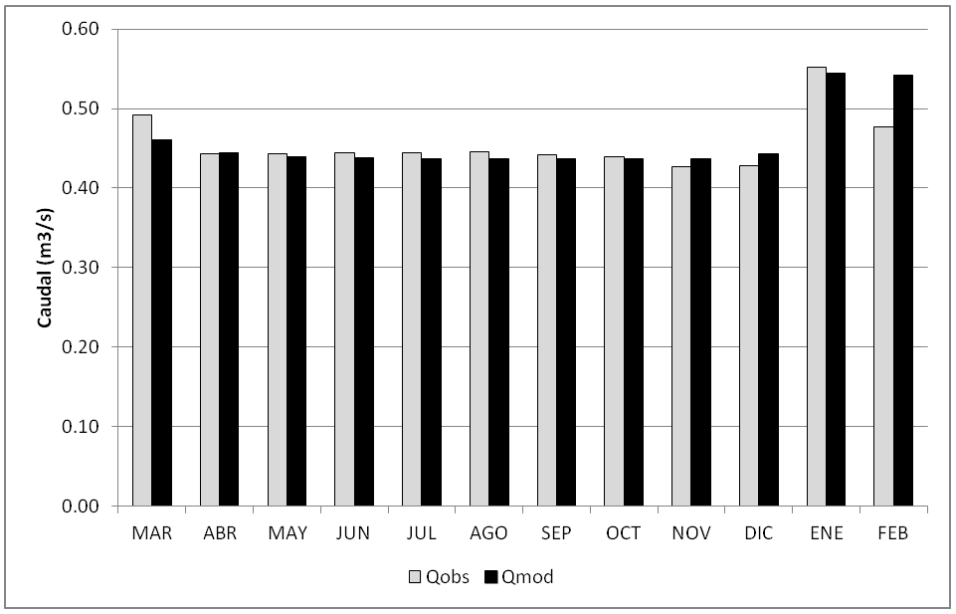



**GRÁFICO 6.7.3-2**
**COMPARACIÓN CAUDALES MEDIOS MENSUALES OBSERVADOS Y MODELADOS**

Fuente: Elaboración propia

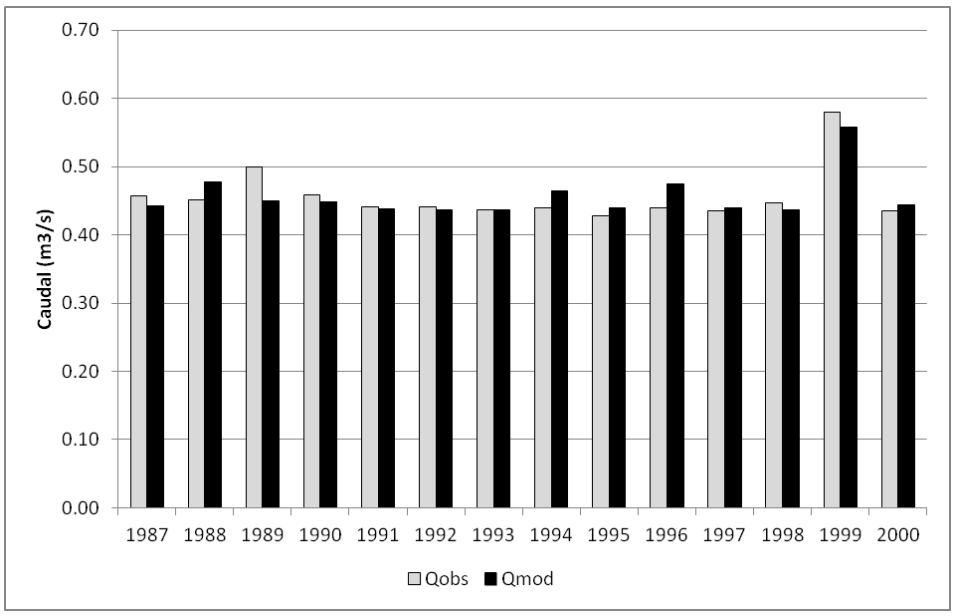



**GRÁFICO 6.7.3-3**
**COMPARACIÓN CAUDALES MEDIOS ANUALES OBSERVADOS Y MODELADOS**

Fuente: Elaboración propia

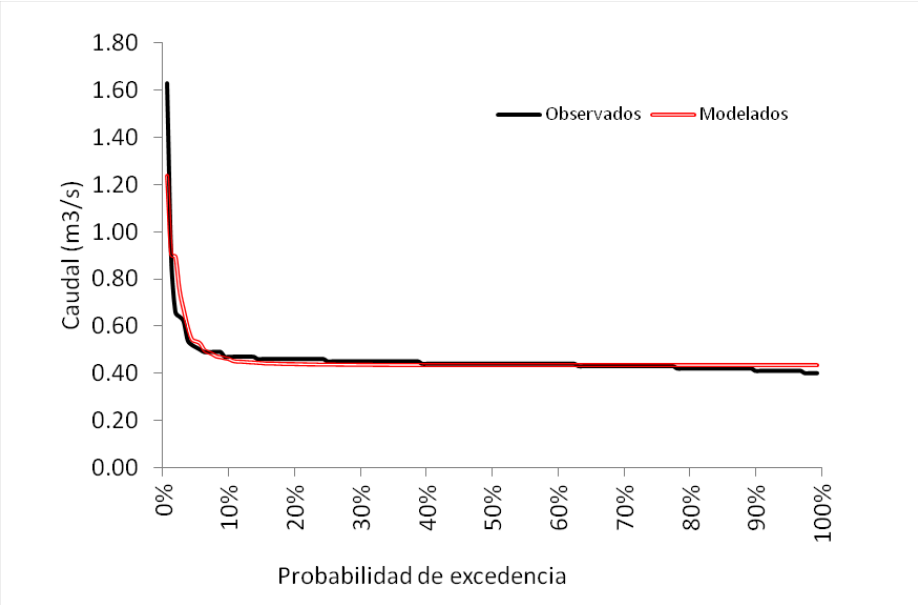



**GRÁFICO 6.7.3-4**
**COMPARACIÓN DE CURVAS DE DURACIÓN MENSUAL DE CAUDALES OBSERVADOS Y MODELADOS**

Fuente: Elaboración propia

6.7.4. Modelación del Período completo en la cuenca de Calibración (1986-2015)

Ya habiendo concluido y aceptado exitosamente la calibración realizada, se procedió a modelar el período completo de análisis de 30 años, el cual va desde 03/1986 a 02/2016 (año hidrológico). En los Gráficos 6.7.4-1, 6.7.4-2, 6.7.4-3 y 6.7.4-4 se muestra la serie de tiempo completa, la curva de medias mensuales, la curva de medias anuales y finalmente la curva de duración mensual.

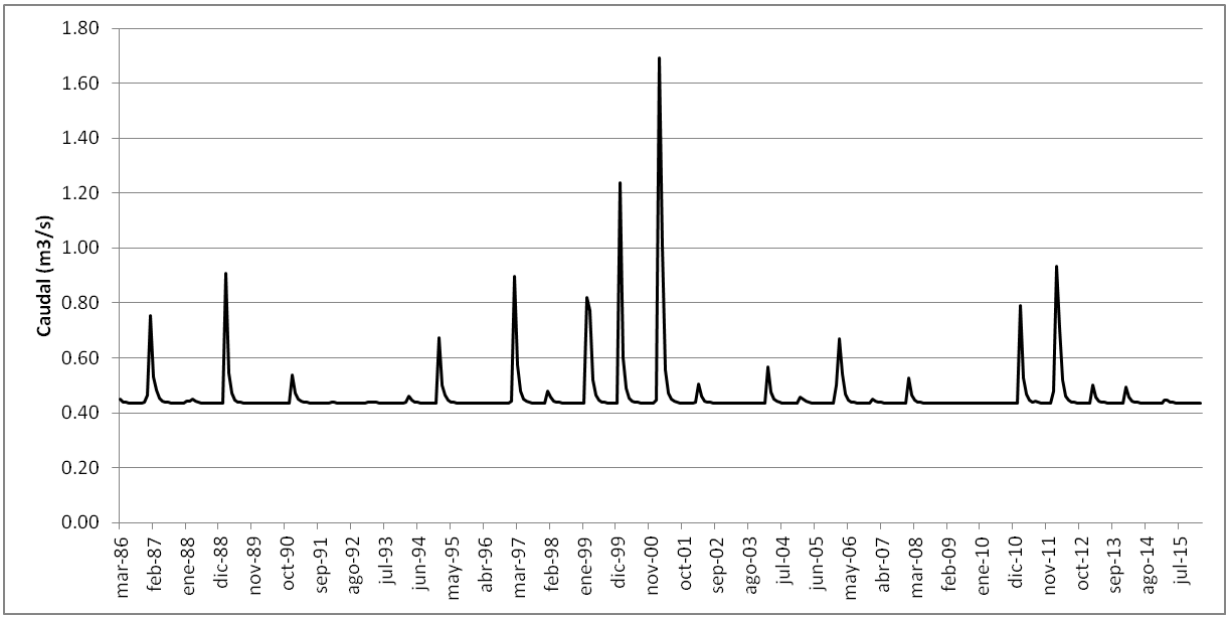



**GRÁFICO 6.7.4-1**
**SERIE DE TIEMPO COMPLETA DE CAUDALES MENSUALES MODELADOS PERÍODO 1986-2015**

Fuente: Elaboración propia

Como puede observarse, la serie de tiempo completa (Gráfico 6.7.4-1) conserva su comportamiento habitual en el sentido de presentar un flujo base relativamente constante entorno a los 0,44 $m^3/s$, y es alterado únicamente por las crecidas repentinas originadas por las lluvias altiplánicas. El Caudal medio anual del período completo es de 0,461 $m^3/s$. La curva mensual (Gráfico 6.7.4-2) se caracteriza por presentar un caudal constante durante todas las estaciones salvo en verano, comenzando a aumentar en diciembre, alcanzando su máximo en febrero y volviendo a declinar hacia marzo. Este comportamiento se condice con la ocurrencia de las lluvias altiplánicas, las cuales ocurren en los meses de verano. En la curva de medias anuales (Gráfico 6.7.4-3) pueden apreciarse los ciclos hidrológicos interanuales, los períodos de relativa escasez o abundancia quedan reflejados en dicha curva. Se aprecia por ejemplo que el período 1998-2001 corresponde a un período de abundante oferta hídrica, al igual que el observado en 2010-2012. Estos períodos abundantes coinciden con la ocurrencia de fuertes crecidas. Finalmente, si se observa la curva de duración mensual (Gráfico 6.7.4-4) puede verse que sólo el 10% del tiempo el caudal pasante supera los 0,48 $m^3/s$, lo cual constituye un comportamiento bastante homogéneo.

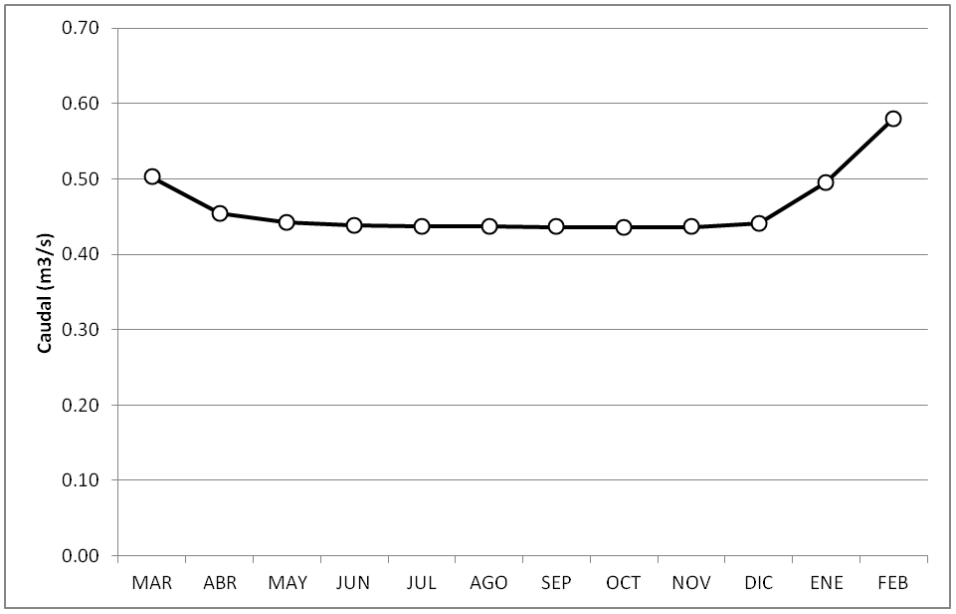



**GRÁFICO 6.7.4-2**
**CURVA DE MEDIAS MENSUALES MODELADAS PERÍODO 1986-2015**

Fuente: Elaboración propia

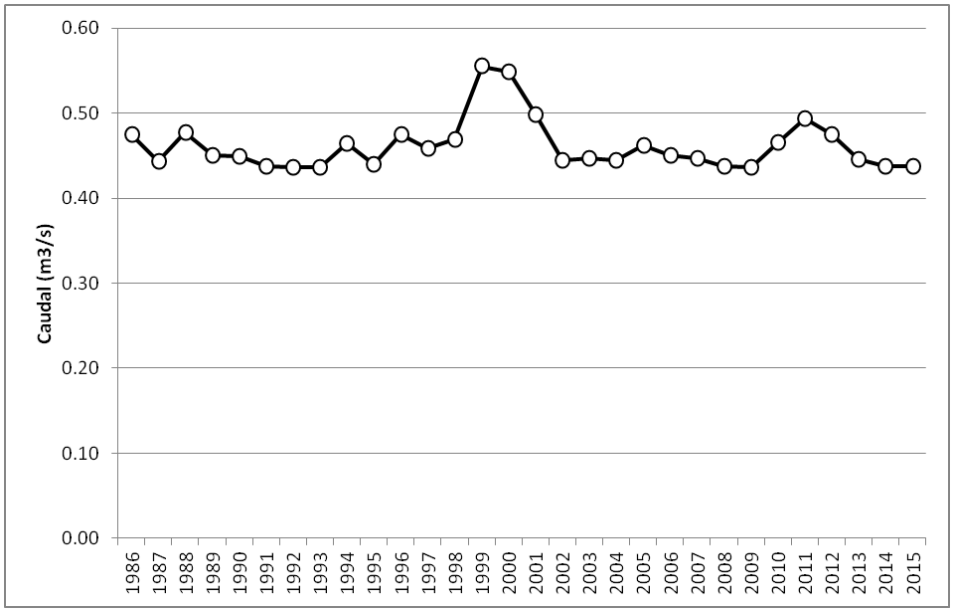



**GRÁFICO 6.7.4-3**
**CURVA DE MEDIAS ANUALES MODELADAS PERÍODO 1986-2015**

Fuente: Elaboración propia

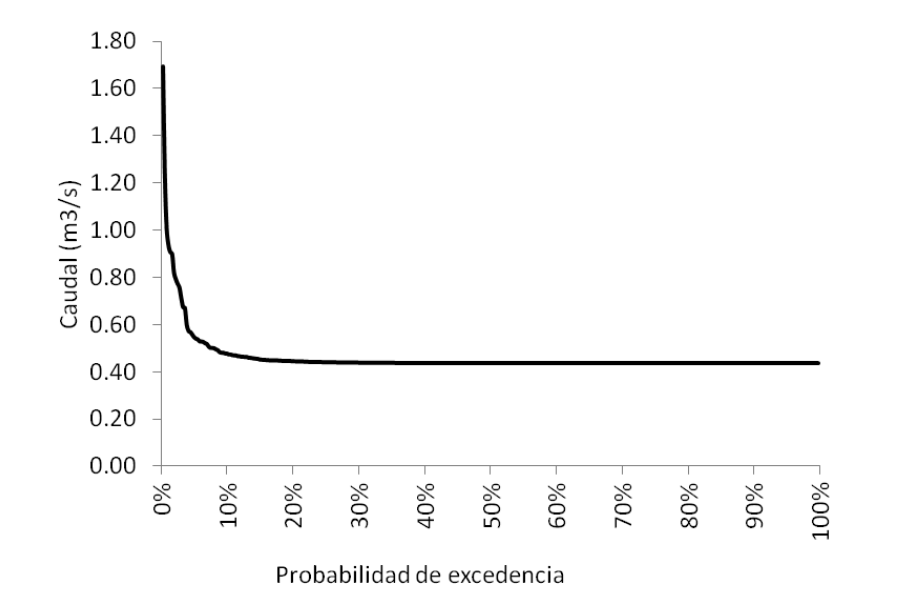



**GRÁFICO 6.7.4-4**
**CURVA DE DURACIÓN MENSUAL PARA CAUDALES MODELADOS PERÍODO 1986-2015**

Fuente: Elaboración propia

6.7.5. Generación de Caudales Mensuales en Cuencas No Controladas del Área de Estudio

A partir del modelo ya calibrado, se generaron las series de caudales para las 20 subcuencas que forman parte del área de estudio. Los respaldos digitales de cada subcuenca modelada pueden verse en el Anexo 6-8. Se presenta además (a modo de ejemplo) un gráfico (Gráfico 6.7.5-1) con las series de tiempo completas modeladas para un conjunto de subcuencas relevantes correspondientes a todas las subcuencas altas del Río Salado (ver Figura 6.2-1). Estas subcuencas son (siguiendo la identificación implementada en el Cuadro 6.2-1):

- 9. Quebrada sin nombre antes de junta con Salado
- 10. Río Salado antes con Quebrada sin nombre
- 11. Quebrada sin nombre antes de junta con Río Curti
- 12. Río Curte antes de junta con Río Caspana
- 13. Río Caspana antes de Caspana
- 14. Río Salado antes de junta con Toconce
- 15. Río Hojalar antes junta con Río Toconce
- 16. Río Toconce arriba de Represa Sendos

- 18. Quebrada sin nombre aguas arriba de Caspana
- 19. Río Caspana-Curti antes de junta con Río Salado

Los Caudales medios anuales de estas subcuencas se pueden ver en el Cuadro 6.7.5-1. Las series de caudales modelados servirán como input para el modelo de Simulación que se implementa en la plataforma WEAP.

**CUADRO 6.7.5-1**
**CAUDALES MEDIOS ANUALES SUBCUENCAS MODELADAS**

| Subcuenca | Q anual ($m^3/s$) |
|---|---|
| 9 | 0,046 |
| 10 | 0,121 |
| 11 | 0,127 |
| 12 | 0,177 |
| 13 | 0,253 |
| 14 | 0,473 |
| 15 | 0,495 |
| 16 | 0,461 |
| 18 | 0,043 |
| 19 | 0,041 |

Fuente: Elaboración propia.

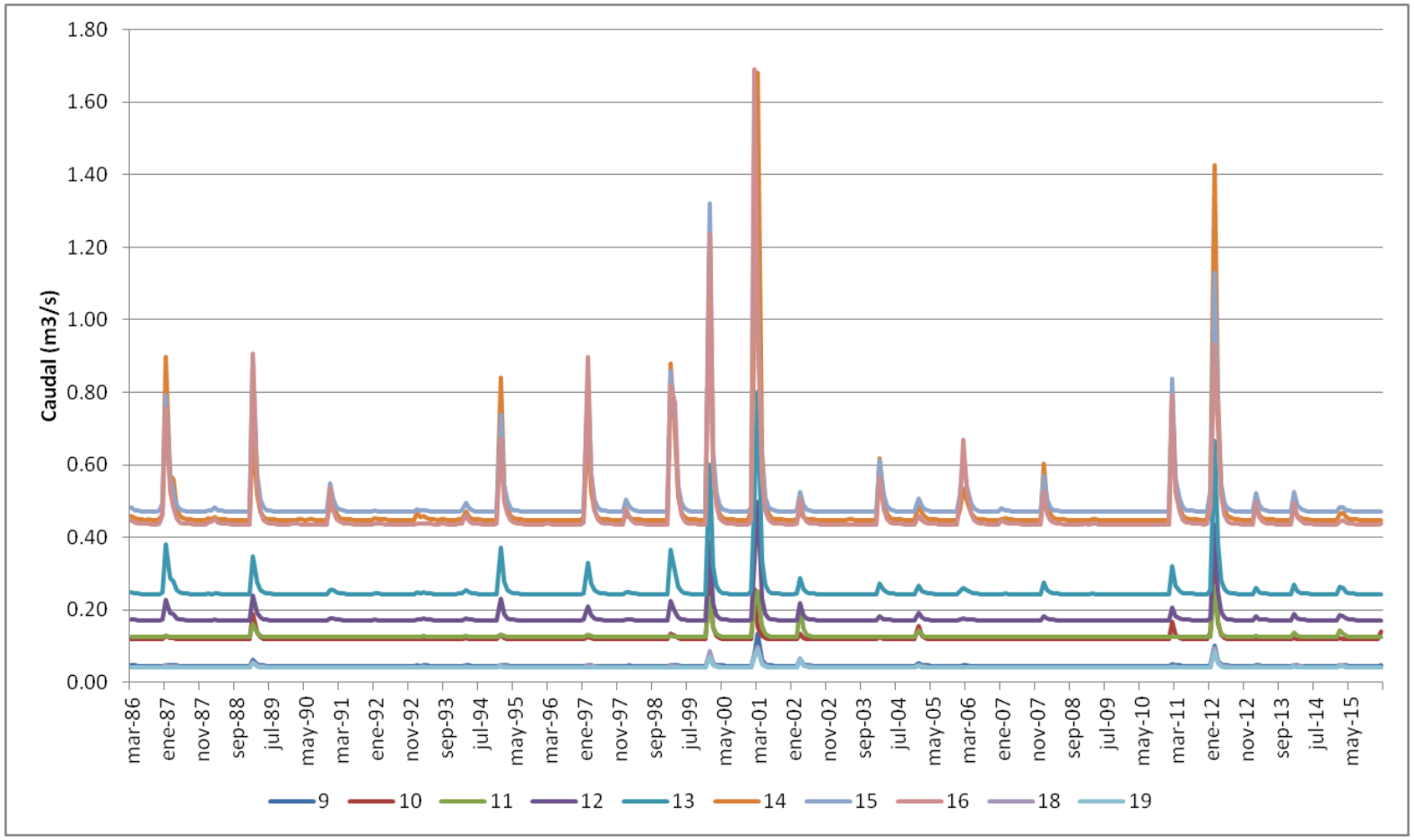



**GRÁFICO 6.7.5-1**

**SERIE DE TIEMPO DE CAUDALES MENSUALES MODELADOS EN SUBCUENCAS DE CABECERA DEL RÍO SALADO PERÍODO 1986-2015**

Fuente: Elaboración propia.

# CAPÍTULO 7

# SITUACIÓN ACTUAL AGROPECUARIA

# 7. SITUACIÓN ACTUAL AGROPECUARIA

## 7.1. Introducción

En forma complementaria a lo presentado en el Capítulo 2, se realiza a continuación el análisis de la información disponible asociados al ámbito agroeconómico a tratar en el presente estudio, tales como la existencia y potencialidad de los recursos del área del proyecto y características de la actividad agropecuaria actual. Los resultados de la Comuna de Calama se presentan desagregados por sector que corresponde al oasis de Calama, Chiu Chiu y Caspana.

## 7.2. Tamaño de la Propiedad Agrícola

Para hacer una caracterización agropecuaria general del área de estudio, se ha utilizado la información del Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2007).

En el Cuadro 7.2-1 se presenta la clasificación de las explotaciones en 11 rangos de tamaño predial. De ello se desprende que, para la comuna de Calama, el 47,93% de los predios con tierra tienen un tamaño menor a 5 ha, lo que contrasta con su importancia en términos de superficie, llegando al 0,66%. Por otra parte, los predios de tamaño superior a 2.000 ha corresponden al 0,59% del total de los predios y al 97,3% de la superficie agropecuaria.

**CUADRO 7.2-1**
**EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS CON TIERRA**
**COMUNA CALAMA 2007**

| Rango de tamaño (ha) | N° de Explotaciones con tierra | Sup (ha) 2007 |
|---|---|---|
| **Menores de 1** | 277 | 140,9 |
| **De 1 a menos de 5** | 324 | 649,2 |
| **De 5 a menos de 10** | 43 | 296,5 |
| **De 10 a menos de 20** | 20 | 262,3 |
| **De 20 a menos de 50** | 3 | 90,0 |
| **De 50 a menos de 100** | 1 | 65,4 |
| **De 100 a menos de 200** | 0 | 0,0 |
| **De 200 a menos de 500** | 4 | 1.338,8 |
| **De 500 a menos de 1000** | 0 | 0,0 |
| **De 1000 a menos de 2000** | 0 | 0,0 |
| **De 2000 y más** | 4 | 96.270,3 |
| **Total Superficie** | 676 | 99.113,4 |

Fuente: Elaboración propia en base a VII Censo Agropecuario y Forestal INE 2007.

En el Cuadro 7.2-2 se presenta la clasificación de las explotaciones para los tres sectores del área de estudio, de la cual se desprende que la mayor proporción de predios con tierra tienen un tamaño menor a 5 ha, lo que contrasta con su importancia en términos de superficie tanto en los sectores de Calama y Caspana, llegando al 16,6% y 0,04%, respectivamente. Por otra parte, en ambos sectores una pequeña proporción de explotaciones abarca la mayor cantidad de la superficie total del área. Sólo en el sector de Chiu Chiu existe relación directa entre número de explotaciones y superficie. Finalmente, en el sector de Calama no existen predios que superen los 500 m², en Chiu Chiu, en tanto, las explotaciones no superan los 20 m², mientras que en Caspana, no existen predios entre 20 y menos de 2.000 m², sin embargo, hay 4 explotaciones que superan los 2.000 m², lo cual explica la gran proporción de superficie que posee dicho rango.

**CUADRO 7.2-2**
**EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS CON TIERRA**
**POR SECTORES 2007**

| | Sectores | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Calama | | | | Chiu Chiu | | | | Caspana | | | |
| Rango de tamaño (ha) | N° de Expl. con tierra | Sup (ha) 2007 | Aporte N° Expl. (%) | Aporte Superficie (%) | N° de Expl. con tierra | Sup (ha) 2007 | Aporte N° Expl. (%) | Aporte Superficie (%) | N° de Expl. con tierra | Sup (ha) 2007 | Aporte N° Expl. (%) | Aporte Superficie (%) |
| **Menores de 1** | 135 | 72,5 | 38,4 | 3,6 | 49 | 30,5 | 30,8 | 9,8 | 91,0 | 36,9 | 61,1 | 0,04 |
| **De 1 a menos de 5** | 171 | 330,6 | 48,6 | 16,6 | 101 | 202,8 | 63,5 | 65,1 | 45,0 | 95,1 | 30,2 | 0,10 |
| **De 5 a menos de 10** | 26 | 181,5 | 7,4 | 9,1 | 7 | 52,0 | 4,4 | 16,7 | 7,0 | 40,9 | 4,7 | 0,04 |
| **De 10 a menos de 20** | 13 | 169,9 | 3,7 | 8,5 | 2 | 26,3 | 1,3 | 8,4 | 2,0 | 27,5 | 1,3 | 0,03 |
| **De 20 a menos de 50** | 3 | 90,0 | 0,9 | 4,5 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,00 |
| **De 50 a menos de 100** | 1 | 65,4 | 0,3 | 3,3 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,00 |
| **De 100 a menos de 200** | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,00 |
| **De 200 a menos de 500** | 3 | 1.078,3 | 0,9 | 54,2 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,00 |
| **De 500 a menos de 1000** | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,00 |
| **De 1000 a menos de 2000** | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,00 |
| **De 2000 y más** | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 4,0 | 96.270,3 | 2,7 | 99,79 |
| **Total Superficie** | **352** | **1.988,2** | **100,0** | **100,0** | **159** | **311,6** | **100,0** | **100,0** | **149,0** | **96.470,7** | **100,0** | **100,00** |

Fuente: Elaboración propia en base a VII Censo Agropecuario y Forestal INE 2007.

## 7.3. Antecedentes Productivos

### 7.3.1. Actividad Agrícola

A continuación, se presentan los antecedentes generales que permiten establecer el contexto agropecuario en el cual se encuentra inserta el área de estudio. Es importante indicar que la información productiva con mayor grado de detalle del área de estudio es presentada en acápites posteriores de este capítulo. El análisis de la información se hace tanto a nivel comunal (Cuadro 7.3.1-1) como para los sectores definidos (Cuadro 7.3.1-2).

Según INE (2007), en la comuna de Calama existen 682 explotaciones Agropecuarias, las que abarcan una superficie total de 99.113,4 ha. De éstas, 97,5 % tienen actividad (Cuadro 7.3.1-1). Respecto a las explotaciones forestales, existen 3 las cuales abarcan 59,1 ha.

**CUADRO 7.3.1-1**
**RESUMEN INFORMACIÓN PREDIAL**
**COMUNA CALAMA 2007**

| Tipo Explotaciones | N° | Sup. (ha) 2007 |
|---|---|---|
| **1. Total Censadas** | 685 | 99.172,5 |
| **1.1 Agropecuarias** | 682 | 99.113,4 |
| **1.1.1 Con Tierra** | 676 | 99.113,4 |
| **1.1.1.1 Con Actividad** | 665 | 99.086,0 |
| **1.1.1.2 Temporalmente sin Actividad** | 11 | 27,4 |
| **1.1.2 Sin tierra** | 6 | - |
| **1.2 Explotaciones Forestales** | 3 | 59,1 |

Fuente: Elaboración propia en base a VII Censo Agropecuario y Forestal INE 2007.

De acuerdo a la información presentada en el Cuadro 7.3.1-2, en el sector de Calama existe más del doble de explotaciones Agropecuarias que en los sectores de Chiu Chiu y Caspana. Sin embargo, es Caspana donde existe la mayor superficie de tierra, abarcando 97,6% del total de la superficie del área de estudio. Por otro lado, en Chiu Chiu y Caspana la totalidad de las explotaciones tienen destino agropecuario, en Calama, en cambio, existe una parte de la tierra que tiene un destino diferente. Respeto a las explotaciones Forestales, existen sólo en el sector de Calama, las que abarcan 59,1 ha, y corresponden a las únicas explotaciones de este tipo en la comuna (ver Cuadro 7.3.1-1).

**CUADRO 7.3.1-2**
**RESUMEN INFORMACIÓN PREDIAL**
**POR SECTORES 2007**

| | Sectores | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Calama | | Chiu Chiu | | Caspana | |
| **Tipo Explotaciones** | **N°** | **Sup. (ha)** | **N°** | **Sup (ha)** | **N°** | **Sup (ha)** |
| **1. Total Censadas** | 357 | 2.047,3 | 159 | 311,6 | 152,0 | 96.470,7 |
| **1.1 Agropecuarias** | 354 | 1.988,2 | 159 | 311,6 | 152,0 | 96.470,7 |
| **1.1.1 Con Tierra** | 353 | 1.988,2 | 159 | 311,6 | 148,0 | 96.470,7 |
| **1.1.1.1 Con Actividad** | 344 | 1.962,3 | 158 | 310,8 | 147,0 | 96.470,0 |
| **1.1.1.2 Temporalmente sin Actividad** | 9 | 25,9 | 1 | 0,8 | 1,0 | 0,7 |
| **1.1.2 Sin tierra** | 3 | - | 0 | - | 3,0 | - |
| **1.2 Explotaciones Forestales** | 3 | 59,1 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Fuente: Elaboración propia en base a VII Censo Agropecuario y Forestal INE 2007.

La distribución de la superficie agropecuaria con tierra y con actividad para la comuna de Calama se resume en el Cuadro 7.3.1-3. De esta información, se desprende que, del total de superficie de explotaciones agropecuarias, sólo 1,3% corresponde a suelos de cultivo, a nivel comunal, lo que corresponde al 0,82% del total regional. La mayor parte de la superficie se clasifica como "otros suelos" (98,7 y 99,2% respectivamente), el cual se constituye principalmente por praderas naturales. Se observa a nivel comunal que, del total de superficie de cultivo, 54,1% corresponde a cultivos anuales y permanentes, mientras que, a nivel regional, tales cultivos corresponden a 59,3%, el resto de la superficie corresponde a suelos con barbecho y forrajeras.

**CUADRO 7.3.1-3**
**SUPERFICIE AGROPECUARIA AÑO 2007**

| Superficie agropecuaria según uso del suelo | Comuna (ha) | Región (ha) |
|---|---|---|
| **Total Explotaciones Agropecuarias** | **99.113,4** | **374.533,4** |
| **Total suelos de cultivo** | **1.286,8** | **3.057,1** |
| Cultivos anuales y permanentes | 359,9 | 717,0 |
| Forrajeras permanentes y de rotación | 336,0 | 1.094,9 |
| En barbecho y descanso | 591,0 | 1.245,2 |
| **Total otros suelos** | **97.826,6** | **371.476,4** |
| Praderas mejoradas | 12,6 | 264,6 |
| Praderas naturales | 93.509,5 | 364.244,1 |
| Plantaciones forestales | 83,3 | 212,3 |
| Bosque nativo | 4,4 | 43,4 |
| Matorrales | 36,7 | 365,7 |
| Infraestructura | 3.640,4 | 3.709,2 |
| Terrenos estériles | 539,8 | 2.637,0 |

Fuente: Elaboración propia en base a VII Censo Agropecuario y Forestal INE 2007.

La distribución de la superficie agropecuaria con tierra y con actividad para los tres sectores se resume en el Cuadro 7.3.1-4. De esta información, se desprende que la superficie de las explotaciones agropecuarias del área de estudio equivale al 26,4% de la superficie total regional. Por otro lado, del total de superficie de explotaciones agropecuarias del área de estudio, 1,2% corresponde a "suelos de cultivo" y 98,7% a "otros suelos", sin embargo, si se analiza la situación por sector, se tiene que en Calama tal proporción corresponde a 40% y 60%, en Chiu Chiu, a 84,6% y 15,4% y en Caspana, a 0,17% y 99,8%, respectivamente, lo que demuestra la preponderancia de los "otros suelos" en este sector y la característica agrícola de Chiu Chiu, lugar donde, a su vez, predominan los cultivos anuales y permanentes, a diferencia de Calama y Caspana, donde la mayor proporción de la tierra está en estado de barbecho y descanso, seguido por el cultivo de especies forrajeras. Los "otros suelos", en tanto, en todos los sectores se conforman en su mayoría por praderas naturales, seguidas por infraestructura. En el sector de Calama, además, destaca la proporción de terrenos estériles, equivalente al 42,8% de "otros suelos", porcentaje muy superior al regional, el que alcanza apenas 0,7%.

**CUADRO 7.3.1-4**
**SUPERFICIE AGROPECUARIA**
**POR SECTORES 2007**

| Superficie Agropecuaria Según Uso del Suelo | Sectores (ha) | | | Región |
|---|---|---|---|---|
| | Calama | Chiu Chiu | Caspana | |
| **Total Explotaciones Agropecuarias** | **1.988,2** | **311,6** | **96.470,7** | **374.533,4** |
| **Total suelos de cultivo** | **794,5** | **263,6** | **165,3** | **3.057,1** |
| Cultivos anuales y permanentes | 179,9 | 135,5 | 35,1 | 717,0 |
| Forrajeras permanentes y de rotación | 237,2 | 32,4 | 54,3 | 1.094,9 |
| En barbecho y descanso | 377,4 | 95,8 | 75,9 | 1.245,2 |
| **Total otros suelos** | **1.193,7** | **48,0** | **96.305,4** | **371.476,4** |
| Praderas mejoradas | 3,0 | 0,0 | 9,6 | 264,6 |
| Praderas naturales | 439,2 | 20,0 | 92.779,1 | 364.244,1 |
| Plantaciones forestales | 83,1 | 0,2 | 0,0 | 212,3 |
| Bosque nativo | 3,3 | 1,0 | 0,0 | 43,4 |
| Matorrales | 31,0 | 1,8 | 3,9 | 365,7 |
| Infraestructura | 122,9 | 10,3 | 3.504,0 | 3.709,2 |
| Terrenos estériles | 511,3 | 14,7 | 8,8 | 2.637,0 |

Fuente: Elaboración propia en base a VII Censo Agropecuario y Forestal INE 2007.

Según la estructura de cultivos presentada en el Cuadro 7.3.1-5, en la comuna se observa el dominio de las plantas forrajeras como el principal cultivo en la zona, situación que también se presenta a nivel comunal. Le siguen en superficie hortalizas y cereales, y en menor medida, semilleros, frutales y flores.

**CUADRO 7.3.1-5**
**ESTRUCTURA DE CULTIVOS**
**COMUNA DE CALAMA 2007**

| Cultivo | Superficie (ha) | Estructura (%) |
|---|---|---|
| **Leguminosas y tubérculos** | 0,8 | 0,12 |
| **Cultivos industriales** | 0,1 | 0,01 |
| **Hortalizas** | 207,7 | 29,80 |
| **Flores** | 4,0 | 0,58 |
| **Plantas forrajeras** | 337,0 | 48,34 |
| **Frutales** | 4,4 | 0,62 |
| **Viñas y parronales viníferos** | 0,0 | 0,00 |
| **Viveros** | 0,2 | 0,02 |
| **Semilleros** | 11,4 | 1,64 |
| **TOTAL** | **697,0** | **100,00** |

Fuente: Elaboración propia en base a VII Censo Agropecuario y Forestal INE 2007.

Ahora bien, según la estructura de cultivos por sector, presentada en el Cuadro 7.3.1-6, en el sector Calama se observa el dominio de las plantas forrajeras como el principal cultivo en la zona (56,9%), situación que también se presenta a nivel comunal (ver Cuadro 7.3.1-3). Le siguen en superficie cereales (25,0%) y hortalizas (15,2%). En Caspana, la situación es semejante, con una mayor proporción de forrajeras (60,8%), seguido por la producción de hortalizas (25,2%). En Chiu Chiu, en cambio, el destino de la producción es distinto a los otros dos sectores, ya que predomina el cultivo de hortalizas (72,5%), seguido por las plantas forrajeras (19,3%) y por cereales (7,9%). El área de estudio se caracteriza por tener producción casi nula de frutales, leguminosas y tubérculos, cultivos industriales, viveros y viñas.

**CUADRO 7.3.1-6**
**ESTRUCTURA DE CULTIVOS**
**POR SECTORES 2007**

| | Calama | | Chiu Chiu | | Caspana | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Cultivo** | **(ha)** | **(%)** | **(ha)** | **(%)** | **(ha)** | **(%)** |
| **Leguminosas y tubérculos** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,8 | 0,9 |
| **Cultivos industriales** | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Hortalizas** | 63,4 | 15,2 | 121,9 | 72,5 | 22,5 | 25,2 |
| **Flores** | 1,4 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 2,6 | 3,0 |
| **Plantas forrajeras** | 238,2 | 57,0 | 32,4 | 19,3 | 54,3 | 60,8 |
| **Frutales** | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 0,2 | 4,1 | 4,6 |
| **Viñas y parronales viníferos** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Viveros** | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,1 | 0,0 | 0,0 |
| **Semilleros** | 10,4 | 2,5 | 0,0 | 0,0 | 1,1 | 1,2 |
| **TOTAL** | **418,1** | **100,0** | **168,0** | **100,0** | **89,4** | **100,0** |

Fuente: Elaboración propia en base a VII Censo Agropecuario y Forestal INE 2007.

En el Cuadro 7.3.1-7 se presenta la distribución de la superficie destinada a especies frutales. Es patente la escasa superficie asociada a especies frutícolas en la comuna, siendo los huertos frutales los de mayor extensión, seguidos por el cultivo de tunas, alcanzando 1,9 y 1,1 ha, respectivamente.

**CUADRO 7.3.1-7**
**SUPERFICIE PLANTADA CON ESPECIES FRUTALES**
**COMUNA DE CALAMA 2007**

| Frutales | Superficie Plantada con Frutales (ha) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | En Formación | | En Producción | TOTAL |
| | Plantada en el Año Agrícola 2006/2007 | Total | | |
| **Damasco** | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,2 |
| **Huerto casero** | 0,0 | 0,0 | 1,9 | 1,9 |
| **Manzano rojo** | 0,0 | 0,2 | 0,2 | 0,3 |
| **Otros frutales** | 0,0 | 0,0 | 0,7 | 0,7 |
| **Peral europeo** | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,2 |
| **Tuna** | 0,0 | 0,6 | 0,5 | 1,1 |
| **TOTAL** | **0,1** | **1,2** | **3,2** | **4,4** |

Fuente: Elaboración propia en base a VII Censo Agropecuario y Forestal INE 2007.

En el Cuadro 7.3.1-8 se muestra la superficie cultivada con frutales en Chiu Chiu y Caspana, la cual no supera las 2 ha en total, siendo esta última la zona con mayor área plantada.

**CUADRO 7.3.1-8**
**SUPERFICIE CULTIVADA CON FRUTALES POR SECTORES 2007**

| Frutales | Chiu Chiu | | | | Caspana | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Superficie Plantada con Frutales (ha) | | | | Superficie Plantada con Frutales (ha) | | | |
| | En Formación | | En Producción | TOTAL | En Formación | | En Producción | TOTAL |
| | Plantada en el Año Agrícola 2006/2007 | Total | | | Plantada en el Año Agrícola 2006/2007 | Total | | |
| **Ciruelo Europeo** | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | - | - | - | - |
| **Damasco** | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,23 | 0,20 | 0,43 |
| **Manzano Rojo** | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,14 | 0,15 | 0,29 |
| **Manzano Verde** | - | - | - | - | 0,00 | 0,00 | 0,20 | 0,20 |
| **Granado** | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | - | - | - | - |
| **Membrillo** | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | - | - | - | - |
| **Peral Europeo** | - | - | - | - | 0,00 | 0,15 | 0,30 | 0,45 |
| **TOTAL** | **0,05** | **0,05** | **0,00** | **0,05** | **0,00** | **0,52** | **0,85** | **1,37** |

Fuente: Elaboración propia en base a VII Censo Agropecuario y Forestal INE 2007.

INE (2007) indica que el 29,8% de la superficie sembrada o plantada posee hortalizas (207,7 ha), básicamente al aire libre. Tal como se muestra en el Cuadro 7.3.1-9, la mayor relevancia en términos de superficie la tiene el cultivo de zanahoria y choclo, equivalentes a 52,5 y 36,5%, respectivamente. Se observa, además, la casi nula presencia de invernaderos en la zona.

**CUADRO 7.3.1-9**
**SUPERFICIE CULTIVADA CON HORTALIZAS**
**COMUNA DE CALAMA 2007**

| Hortalizas | Superficie Hortalizas (ha) | | |
|---|---|---|---|
| | Al Aire Libre | Invernadero | Total |
| **Acelga** | 1,1 | 0,0 | 1,1 |
| **Ajo** | 2,5 | 0,0 | 2,5 |
| **Betarraga** | 3,0 | 0,0 | 3,0 |
| **Cebolla temprana** | 0,4 | 0,0 | 0,4 |
| **Choclo** | 75,8 | 0,0 | 75,8 |
| **Cilantro** | 0,6 | 0,0 | 0,6 |
| **Haba** | 5,1 | 0,0 | 5,1 |
| **Huerta casera** | 4,6 | 0,0 | 4,6 |
| **Lechuga** | 1,8 | 0,0 | 1,8 |
| **Otras hortalizas** | 3,1 | 0,1 | 3,2 |
| **Perejil** | 0,4 | 0,0 | 0,4 |
| **Zanahoria** | 109,1 | 0,0 | 109,1 |
| **TOTAL** | **207,6** | **0,1** | **207,7** |

Fuente: Elaboración propia en base a VII Censo Agropecuario y Forestal INE 2007.

En lo que respecta al cultivo de hortalizas, en el sector de Calama el 99,5% corresponde a choclo, tal como se presenta en el Cuadro 7.3.1-10, seguido muy de lejos por acelga, haba y huertas caseras. Se observa, además, la nula presencia de invernaderos en la zona. En Chiu Chiu, en cambio, predomina el cultivo de zanahorias, correspondiente al 91,7%, seguido muy de lejos también por especies como betarraga, lechuga, huertas caseras y acelga. En Caspana, también predomina el cultivo de choclo con 44,6%, seguidos por otros cultivos, en una proporción más pareja que en los otros sectores, como haba (23,4%), huertas caseras (15,9%) y ajo (11,9%). Finalmente, la producción de hortalizas bajo invernadero sólo se desarrolla en el sector de Chiu Chiu y en una pequeña superficie total, que no supera los 1.500 m².

El Cuadro 7.3.1-11 muestra la superficie y el rendimiento promedio del grupo de cereales, leguminosas y tubérculos, de acuerdo con INE (2007), donde se advierte que el maíz para grano seco es el cultivo predominante, seguido de lejos otros cereales y trigo candeal. Si se compara el rendimiento de los cultivos de la comuna con el rendimiento promedio país, se observa que en todos los casos los rendimientos obtenidos en Calama se encuentran muy por

debajo del promedio nacional, llegando a 25% del rendimiento país en el caso del maíz para grano seco y a 48%, en el caso de la papa.

**CUADRO 7.3.1-10**
**SUPERFICIE CULTIVADA CON HORTALIZAS**
**POR SECTORES 2007**

| Hortalizas | Calama | | | | Chiu Chiu | | | | Caspana | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Superficie Hortalizas (ha) | | | Inv. ($m^2$) | Superficie Hortalizas (ha) | | | Inv. ($m^2$) | Superficie Hortalizas (ha) | | | Inv. ($m^2$) |
| | Al Aire Libre | Inv. | Total | | Al Aire Libre | Inv. | Total | | Al Aire Libre | Inv. | Total | |
| **Choclo** | 63,0 | 0,0 | 63,0 | 0,0 | - | - | - | - | 9,6 | 0,0 | 9,6 | 0,0 |
| **Acelga** | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 1,0 | 0,0 | 1,0 | 89,0 | | | | |
| **Huerta Casera** | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 1,1 | 0,0 | 1,1 | 0,0 | 3,4 | 0,0 | 3,4 | 0,0 |
| **Haba** | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | - | - | - | - | 5,0 | 0,0 | 5,0 | 0,0 |
| **Lechuga** | - | - | - | - | 1,7 | 0,0 | 1,7 | 89,0 | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,0 |
| **Espinaca** | - | - | - | - | 0,3 | 0,0 | 0,3 | 89,0 | | | | |
| **Rábano o Nabo** | - | - | - | - | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | - | - | - | - |
| **Zanahoria** | - | - | - | - | 108,9 | 0,0 | 108,9 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,2 | 0,0 |
| **Betarraga** | - | - | - | - | 3,0 | 0,0 | 3,0 | 89,0 | - | - | - | - |
| **Cilantro** | - | - | - | - | 0,6 | 0,0 | 0,6 | 89,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Perejil** | - | - | - | - | 0,2 | 0,0 | 0,2 | 89,0 | 0,2 | 0,0 | 0,2 | 0,0 |
| **Ajo** | - | - | - | - | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 2,4 | 0,0 | 2,4 | 0,0 |
| **Cebolla Temprana** | - | - | - | - | 0,2 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,2 | 0,0 |
| **Cebolla de Guarda** | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Zapallo Temp. y Guarda** | - | - | - | - | 0,8 | 0,0 | 0,8 | 0,0 | - | - | - | - |
| **Apio** | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,2 | 0,0 | 0,2 | 0,0 |
| **Otras Hortalizas** | - | - | - | - | 0,6 | 0,1 | 0,7 | 889,0 | - | - | - | - |
| **TOTAL** | **63,3** | **0,0** | **63,3** | **0,0** | **118,6** | **0,1** | **118,7** | **1.423,0** | **21,5** | **0,0** | **21,5** | **0,0** |

Fuente: Elaboración propia en base a VII Censo Agropecuario y Forestal INE 2007.

**CUADRO 7.3.1-11**
**SUPERFICIE DE CEREALES, LEGUMINOSAS Y TUBÉRCULOS**
**COMUNA DE CALAMA 2007**

| Cultivo | Superficie (ha) | | | Rend. Promedio (qqm/ha) | Rend. Promedio País (qqm/ha) | Rend. Calama vs Rend. Promedio País (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Total | En riego | En secano | | | |
| **Maíz (grano seco)** | 126,56 | 126,56 | 0 | 27,65 | 108,32 | 25 |
| **Otros cereales** | 2,43 | 2,43 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Papa** | 0,84 | 0,84 | 0 | 75 | 154,4 | 48 |
| **Trigo candeal** | 2,42 | 2,42 | 0 | 13,64 | 52,36 | 26 |
| **TOTAL** | 132,3 | 132,3 | 0,0 | - | - | - |

Fuente: Elaboración propia en base a VII Censo Agropecuario y Forestal INE 2007.

El Cuadro 7.3.1-12 muestra la superficie y el rendimiento promedio del grupo de cereales, leguminosas y tubérculos, de acuerdo con INE (2007), donde se advierte que los cereales son el cultivo predominante en los tres sectores, seguidos por el maíz para grano en Calama y Chiu Chiu.

**CUADRO 7.3.1-12**
**SUPERFICIE DE CEREALES, LEGUMINOSAS Y TUBÉRCULOS**
**POR SECTORES 2007**

| Cultivo | Calama | | | | | Chiu Chiu | | | | | Caspana | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Superficie (ha) | | | Prod. Total (qqm) | Rend. Prom. (qqm/ha) | Superficie (ha) | | | Prod. Total (qqm) | Rend. Prom. (qqm/ha) | Superficie (ha) | | | Prod. Total (qqm) | Rend. Prom. (qqm/ha) |
| | Tot. | En Riego | En Secano | | | Tot. | En Riego | En Secano | | | Tot. | En Riego | En Secano | | |
| **Cereales** | 347,0 | 105,0 | 0,0 | - | - | 13,3 | 13,3 | 0,0 | 0,0 | | 9,5 | 9,5 | 0,0 | 0,0 | |
| **Trigo Candeal** | 1,0 | 1,0 | 0,0 | 15,0 | 15,0 | | | | | | | | | | |
| **Maíz (grano)** | 103,0 | 103,0 | 0,0 | 2809,0 | 27,3 | 12,6 | 12,6 | 0,0 | 0,0 | | | | | | |
| **Centeno** | 0,7 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| **TOTAL** | 451,0 | 209,0 | 0,0 | - | - | 26,7 | 26,7 | 0,0 | - | - | 19,0 | 19,0 | 0,0 | - | - |

Fuente: Elaboración propia en base a VII Censo Agropecuario y Forestal INE 2007.

## 7.3.2. Actividad Ganadera

El detalle de especies ganaderas a nivel comunal indica que la masa ganadera está representada mayoritariamente por conejos (33,24%), seguida de ovinos (30,53%) y luego de caprinos (13,92%) y camélidos (11,95%). El Cuadro 7.3.2-1 resume las cabezas de ganado por especie.

El Cuadro 7.3.2-2 resume las cabezas de ganado por especie. La producción pecuaria predominante en cada es diferente. Es así como, en el sector de Calama predomina la

producción de conejos (49,5%), seguida por ovinos (23,3%) y caprinos (11,8%). En Chiu Chiu, por otro lado, destaca la producción de ovinos (47,3%) y bovinos (33,3%), mientras que, en Caspana predominan ovinos (33,7%), camélidos (31,6%), cerdos (18,6) y conejos (13,4%).

**CUADRO 7.3.2-1**
**EXISTENCIAS PECUARIAS POR ESPECIE**
**COMUNA DE CALAMA 2007**

| Especie | Cabezas |
|---|---|
| **Bovinos** | 152 |
| **Ovinos** | 4.539 |
| **Cerdos** | 984 |
| **Equinos** | 394 |
| **Caprinos** | 2.070 |
| **Camélidos** | 1.777 |
| **Jabalíes** | 10 |
| **Ciervos** | 0 |
| **Conejos** | 4.942 |

Fuente: Elaboración propia en base a VII Censo Agropecuario y Forestal INE 2007.

**CUADRO 7.3.2-2**
**EXISTENCIAS PECUARIAS POR ESPECIE**
**POR SECTORES 2007**

| | Calama | Chiu Chiu | Caspana |
|---|---|---|---|
| **Especie** | **Cabezas** | | |
| **Bovinos** | 104 | 2.088 | 0 |
| **Ovinos** | 1.774 | 2.964 | 1.548 |
| **Cerdos** | 724 | 669 | 26 |
| **Equinos** | 245 | 171 | 97 |
| **Caprinos** | 899 | 348 | 855 |
| **Camélidos** | 81 | 0 | 1.455 |
| **Jabalíes** | 7 | 33 | 3 |
| **Ciervos** | 2 | 0 | 0 |
| **Conejos** | 3.767 | 0 | 615 |

Fuente: Elaboración propia en base a VII Censo Agropecuario y Forestal INE 2007.

## 7.4. Sistemas de Riego Intrapredial

Se puede observar en el Cuadro 7.4-1, que de un total de 775,8 ha de riego a nivel comunal, 99,7% son regadas por métodos gravitacionales, siendo el riego por tendido el más relevante, abarcando 90,2% de esta superficie. Sólo 0,3% de la superficie regada tiene algún grado de tecnificación, utilizando sistemas de riego por aspersión, goteo o cinta. En el Cuadro 7.4-2, se puede observar que se sigue la tendencia comunal, ya que prácticamente la totalidad

de los predios cuenta con riego por tendido en los tres sectores, sólo 2,7% de la superficie regada en el sector de Calama tiene algún grado de tecnificación, utilizando sistemas de riego por aspersión, goteo o cinta.

**CUADRO 7.4-1**
**SISTEMAS DE RIEGO UTILIZADOS EN**
**COMUNA DE CALAMA 2007**

| Método de Riego | Sup. (ha) | (%) |
|---|---|---|
| **Riego gravitacional** | **773,1** | **99,7** |
| **Tendido** | 700,0 | 90,2 |
| **Surco** | 14,4 | 1,9 |
| **Otro tradicional** | 58,7 | 7,6 |
| **Mecánico mayor** | 1,3 | 0,2 |
| **Aspersión tradicional** | 1,3 | 0,2 |
| **Carrete o pivote** | 0,0 | 0,0 |
| **Microriego** | 1,4 | 0,2 |
| **Goteo y cinta** | 0,8 | 0,1 |
| **Microaspersión y microjet** | 0,6 | 0,1 |
| **Total Superficie Regada** | **775,8** | **100,0** |

Fuente: Elaboración propia en base a VII Censo Agropecuario y Forestal INE 2007.

**CUADRO 7.4-2**
**SISTEMAS DE RIEGO UTILIZADOS**
**POR SECTORES EN 2007**

| | Calama | | Chiu Chiu | | Caspana | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Metodo de Riego** | **Sup. (ha)** | **(%)** | **Sup. (ha)** | **(%)** | **Sup. (ha)** | **(%)** |
| **Riego gravitacional** | 451,64 | 99,41 | 203,22 | 100,00 | 101,63 | 100,00 |
| **Tendido** | 405,81 | 89,33 | 189,11 | 93,06 | 90,43 | 88,98 |
| **Surco** | 3,08 | 0,68 | 11,36 | 5,59 | 0,00 | 0,00 |
| **Otro tradicional** | 42,75 | 9,41 | 2,75 | 1,35 | 11,20 | 11,02 |
| **Mecánico mayor** | 1,30 | 0,29 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| **Aspersión tradicional** | 1,30 | 0,29 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| **Carrete o pivote** | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| **Microriego** | 1,36 | 0,30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| **Goteo y cinta** | 0,81 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| **Microaspersión y microjet** | 0,55 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| **Total Superficie Regada** | 454,30 | 100,00 | 203,22 | 100,00 | 101,63 | 100,00 |

Fuente: Elaboración propia en base a VII Censo Agropecuario y Forestal INE 2007.

Con la información tomada en las entrevistas del presente estudio, se puede hacer una comparación general respecto al Censo Agropecuario de 2007. Se destaca que este análisis

es sólo descriptivo, debido a que, como es sabido, no se pudo realizar una encuesta por agricultor que permitiera tener la idea específica de la realidad de la zona de estudio.

De acuerdo a lo recogido en terreno, los datos del censo de hace 10 años reflejan una tendencia similar en cuanto al tipo de cultivos, pero no representan totalmente la realidad actual, puesto que ha habido algunos cambios. Se debe considerar que tales cambios han obedecido a largos períodos de sequía y a las condiciones de suelo y agua que afectan cada vez más a los poblados de todos los sectores de la Región de Antofagasta, entre otras problemáticas específicas que se describen a continuación.

En general, los entrevistados indicaron que el punto de inflexión en la producción agrícola de la zona de estudio se originó en los años 80, cuando los regantes perdieron gran cantidad de agua de riego en competencia con las mineras. Desde esa fecha, la calidad del suelo y del agua han ido empeorando, debido a que, en la práctica, es el agua del río Salado mezclada con una pequeña cantidad de la del Loa la que se usa para riego, la cual va contaminando el suelo de forma progresiva y no puede ser usada más que para el cultivo de variedades resistentes a la salinidad.

En Calama, dentro de lo que puede ser cultivado con los niveles de contaminación existentes, existen la alfalfa y maíz choclo, los cuales permanecen como los principales desde 2007. Éstos también son producidos en los sectores denominados como Chiu Chiu y Caspana, aunque en estas áreas hay condiciones que permiten cultivar especies diferentes, dentro de las que se encuentran una mayor variedad de hortalizas y praderas naturales, estas últimas, destinadas al pastoreo extensivo. En Calama, hace 10 años atrás además se producía maíz para grano, lo cual ya no existe. El maíz sembrado tiene destino en fresco y lo que queda después de la cosecha es guardado como grano para los animales, como consumo intrapredial, no para venta.

En el sector de Calama, existe una grave problemática adicional introducida hace algunos años, correspondiente a la infestación de los suelos con la maleza Mostaza Negra (Brassicanigra (L.)). Esta maleza es sumamente invasiva y ha provocado la disminución de superficie plantada. Aunque se han hecho intentos por superarla, y de restringir su presencia sólo a Calama, esto no ha sido posible y llegó a ciertos sectores de Chiu Chiu, en donde hay casos de algunos agricultores que ya no seguirán en el rubro, debido a la dificultad para controlarla. Con lo anterior, se espera que la superficie plantada disminuya en cierto porcentaje.

Respecto a Chiu Chiu, este sector continúa siendo hortalicero. Por mucho tiempo predominó la producción de zanahoria, la cual fue muy famosa dentro de la zona, ya que se lograba abastecer no sólo a la localidad, sino que era un proveedor importante entre las regiones de Arica y Copiapó. Sin embargo, dado su cultivo intensivo, sin ser asociado con una rotación, se generó un grave problema fitosanitario, causado por Alternariasp., hongo considerado como plaga primaria y clave, debido a que afecta directamente el órgano de

consumo (raíz) del vegetal y que de no ser tratada temporada tras temporada causa graves daños en la producción. Lo anterior, generó fuertes bajas en el rendimiento, cercanas a 50%, con una leve disminución en la superficie cultivada con zanahoria. La superficie no ha cambiado notoriamente aún, porque el cultivo sigue siendo rentable aún en esas condiciones.

En el sector de Caspana, predomina aún la presencia de praderas naturales para el pastoreo extensivo de ovejas, cabras y llamas, lo cual se condice con las proporciones del censo de hace 10 años.

Finalmente, respecto a la producción de frutales, en el Censo de 2007 existían 4,0 ha en total en todo Calama, las cuales no han tenido mayor variación dentro de la zona de estudio, debido a estos se restringen sólo a huertos caseros sin fines comerciales.

En cuanto al tipo de riego, se mantiene en las mismas condiciones que hace 10 años, siendo en su mayoría riego por tendido. Se han introducido métodos de riego tecnificado en algunas zonas que tienen mejor calidad de agua, como lo es Chiu Chiu, sin embargo, son superficies pequeñas por el momento. Es posible que aumenten de aquí en adelante.

## 7.5. Clima y Agroclima

### 7.5.1. Generalidades

Las características agroclimáticas asociadas al área de estudio se describen en el Mapa Agroclimático de Chile del INIA (1989), en el cual se aprecia la influencia del clima "Desierto de Altura", el cual se ubica en las partes desérticas del Altiplano, extendiéndose desde la frontera con Perú hasta el norte de Coquimbo.

### 7.5.2. Distritos Agroclimáticos

De acuerdo al Mapa Agroclimático de Chile del INIA (1989), el área de estudio está representada agroclimáticamente por dos distritos, por una parten el distrito "Refresco" (3.54), el cual se extiende entre el límite con Perú y la latitud 30°S (al norte de la ciudad de Vicuña); y al oriente, el distrito "Potrerillos" (3.55), extendiéndose aproximadamente entre las mismas latitudes.

En la Figura 7.5.2-1 se presenta la ubicación del área de estudio respecto de los distritos agroclimáticos descritos por esta fuente.

El distrito "Refresco" se caracteriza por un régimen térmico con una temperatura media anual de 17,7 °C. La temperatura máxima media del mes más cálido (enero) es de 28,4°C y una mínima del mes más frio (junio) de 5,5°C.

La suma de temperaturas anuales, base 5°C es de 4.629 grados-día; mientras con base 10°C corresponden a 2.800 grados-día. Dado que las temperaturas mínimas medias fluctúan entre 5,5 y 12°C, existen limitaciones para el crecimiento de las plantas de verano entre abril y septiembre.

La precipitación anual alcanza los 12 mm distribuidos en 7 meses del año, siendo mayo, el mes más lluvioso con 4,6 mm de agua acumulada.

Los datos agroclimáticos correspondientes a la estación Refresco se presentan en el Cuadro 7.5.2-1.

El distrito “Potrerillo”, en tanto, mantiene un regimen térmico caracterizado por una temperatura media anual de 11,9 °C, una máxima media de los meses más cálidos (enero y febrero) de 18,4° y una mínima media del mes más frio (junio) de 4,9 °C.

La suma de temperaturas anuales base 5° es de 2.503 grados-días y, base 10 °C de 744 grados-días. En cuanto a la duración de la estación sin heladas disponible (temperaturas mínimas absolutas medias superiores a 2,0 °C), es de 2,5 a 4,5 meses.

La precipitación total anual es de 44,1 mm, con una media anual que alcanza los 3,67 mm, distribuidos en los meses de enero a noviembre. La mayor precipitación media se centra entre mayo y agosto (mayor a 4mm), siendo junio el mes más lluvioso, con una precipitación media que alcanza los 12,2 mm.

Los datos agroclimáticos correspondientes a la estación Potrerillos se presentan en el Cuadro 7.5.2-2.

Más recientemente, el año 2012 la Universidad de Chile presenta el Atlas Bioclimático de Chile, que describe para el área de estudio las condiciones bioclimáticas asociadas a los distritos Mt241 Ha72, I241 Ha71, m²41 Ha72 y m111 a72. El primero, recorre desde la Región de Tarapacá (a la altura de Iquique) hasta pasado el límite de la Región de Copiapó, mientras que el segundo, ubicado al oriente del primero se distribuye espacialmente formando un anillo alrededor del distrito asociado a las condiciones bioclimáticas del Salar de Atacama, comenzando en la frontera con Perú y llegando hasta el límite de la Región de Coquimbo. El tercer distrito, en tanto, ubicado al oriente del segundo, recorre de forma intermitente entre las regiones de Tarapacá y Antofagasta. El cuarto distrito y final, se ubica al oriente del tercero y recorre desde la Región de Tarapacá(a la altura de Iquique) hasta la Región de Copiapó, a la altura de la misma ciudad.

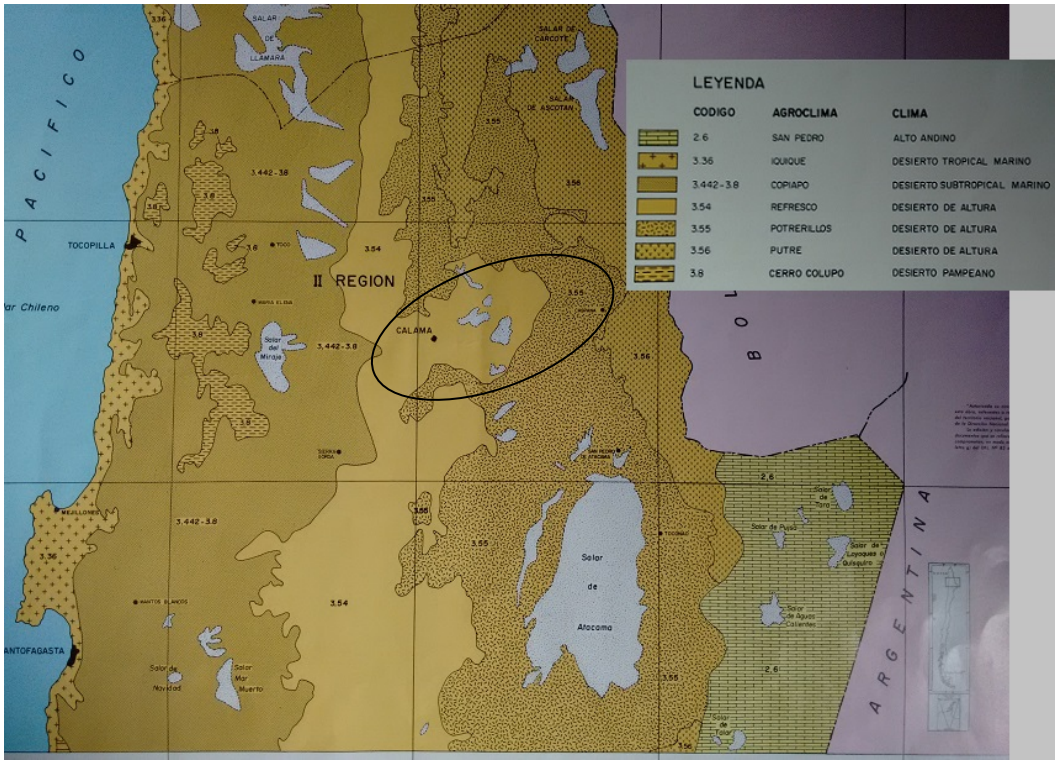



**FIGURA 7.5.2-1**
**UBICACIÓN DISTRITOS AGROCLIMÁTICOS ÁREA DE ESTUDIO**

Fuente: Mapa Agroclimático de Chile, INIA, 1989.

**CUADRO 7.5.2-1**
**PARÁMETROS AGROCLIMÁTICOS MENSUALES**
**DISTRITO AGROCLIMÁTICO 3.54- REFRESCO**

| Parámetro | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Anual |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T. Max (°C) | 28,4 | 28,0 | 27,0 | 27,0 | 24,7 | 23,1 | 23,5 | 24,6 | 26,4 | 26,9 | 27,8 | 28,2 | 26,4 |
| T. Min (°C) | 11,7 | 11,5 | 10,5 | 9,0 | 7,2 | 5,5 | 5,5 | 6,6 | 8,0 | 10,0 | 11,0 | 11,2 | 9,0 |
| T. Med (°C) | 21,0 | 19,8 | 19,1 | 18,0 | 16,0 | 14,3 | 14,5 | 15,6 | 17,2 | 18,5 | 19,4 | 19,7 | 17,7 |
| Días –grado | 311,6 | 273,0 | 280,6 | 240,0 | 184,5 | 129,0 | 139,5 | 173,6 | 216,0 | 262,0 | 282,0 | 300,7 | 232,7 |
| Horas Frio | 0 | 0 | 7 | 37 | 90 | 148 | 145 | 106 | 61 | 20 | 0 | 0 | 613 |
| R. Solar (Ly/dia) | 1.020,3 | 956,1 | 842,1 | 698,6 | 573,2 | 510,3 | 533,6 | 633,7 | 770,0 | 900,5 | 992,3 | 1.032,5 | 788,6 |
| H. Relativa (%) | 45 | 44 | 44 | 41 | 40 | 36 | 40 | 41 | 36 | 33 | 30 | 34 | 38,7 |
| Pp (mm) | 0,0 | 0,2 | 0,2 | 0,0 | 4,6 | 1,7 | 4,4 | 0,2 | 0,0 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 12,0 |
| Etp (mm) | 161,0 | 155,2 | 149,4 | 132,3 | 120,5 | 110,2 | 115,4 | 125,6 | 138,9 | 154,7 | 165,1 | 171,7 | 1.700,0 |
| Def. Hidr. (mm) | -161,0 | -155,0 | -149,2 | -132,3 | -115,9 | -108,5 | -111,0 | -125,4 | -138,9 | -154,0 | -165,1 | -171,7 | -1.688,0 |
| Exd. Hidr. (mm) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Hum. (pp/etp) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,04 | 0,02 | 0,04 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,01 |

Fuente: Mapa Agroclimático de Chile, INIA, 1989. La Evapotranspiración Potencial se calculó a partir de CNR-CIREN, 1997.

El índice de humedad promedio anual es de 0,03 mm, manteniéndose en un rango entre 0 y 0,13 mm.

En la Figura 7.5.2-2 se aprecia espacialmente la distribución de los distintos distritos expuestos en el Atlas Bioclimático de Chile, en torno al área de estudio.

**CUADRO 7.5.2-2**
**PARÁMETROS AGROCLIMÁTICOS MENSUALES**
**DISTRITO AGROCLIMÁTICO 3.55- POTRERILLOS**

| Parámetro | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Anual |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T. Max (°C) | 18,4 | 18,4 | 18,2 | 17,3 | 15,6 | 12,9 | 13,7 | 14,1 | 15,5 | 16,4 | 17,3 | 18,2 | 16,3 |
| T. Min (°C) | 9,8 | 9,7 | 9,3 | 8,3 | 6,6 | 4,9 | 5,4 | 4,7 | 5,9 | 6,9 | 8,2 | 9,2 | 7,4 |
| T. Med (°C) | 14,1 | 14,1 | 13,8 | 12,8 | 11,1 | 8,9 | 9,6 | 9,4 | 10,7 | 11,7 | 12,8 | 13,7 | 11,9 |
| Días –grado | 127,1 | 113,4 | 116,3 | 84 | 34,1 | 0 | 0 | 0 | 21 | 51,2 | 82,5 | 114,7 | 744,2 |
| Horas Frio | 90 | 92 | 101 | 129 | 186 | 270 | 243 | 262 | 206 | 170 | 131 | 103 | 1.982 |
| R. Solar (Ly/dia) | 1022,9 | 954,1 | 834,4 | 686,3 | 558,3 | 494,5 | 518,2 | 620,2 | 760,3 | 896 | 993,3 | 1036,4 | 9.374,8 |
| H. Relativa (%) | 39 | 38 | 35 | 26 | 23 | 24 | 23 | 24 | 22 | 25 | 25 | 30 | 27,8 |
| Pp (mm) | 0,7 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 4,8 | 12,2 | 8,2 | 5,6 | 1,3 | 1,7 | 0,1 | 0 | 44,1 |
| Etp (mm) | 132,4 | 127,8 | 123,1 | 108,9 | 99,3 | 90,7 | 95,1 | 103,5 | 114,4 | 127,4 | 135,9 | 141,5 | 1.400,0 |
| Def. Hidr. (mm) | -131,7 | -125,6 | -120,9 | -106,7 | -94,5 | -78,5 | -86,9 | -97,9 | -113,1 | -125,7 | -135,8 | -141,5 | -1.355,9 |
| Exd. Hidr. (mm) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Humedad (pp/etp) | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,05 | 0,13 | 0,09 | 0,05 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0 | 0,03 |

Fuente: Mapa Agroclimático de Chile, INIA, 1989. La Evapotranspiración Potencial se calculó a partir de CNR-CIREN, 1997.

Por otra parte, el distrito Mt241 Ha72 representa una parte del área de Calama. Este distrito mantiene un régimen térmico con una temperatura media anual de 13,3°C, siendo los meses más cálidos diciembre, enero y febrero, con temperaturas máximas que superan los 25°C; mientras los meses más fríos corresponden a Julio y Agosto con temperaturas mínimas bajo los 3°C.

La suma de temperaturas anuales base 10°C es de 1.255,7 grados-días. En cuanto a las precipitaciones, estas resultan escasas, alcanzando los 24,1 mm anuales. Los meses más lluviosos corresponden a Junio y Julio, con precipitaciones medias mensuales de 8,8 y 8,9 mm respectivamente.

Destacan los altos valores de evapotranspiración, los que anualmente corresponden a 1.120,1 mm aproximadamente, registrándose un valor en torno a los 132 mm en el mes más cálido del año (enero).

En el Cuadro 7.5.2-3, se presenta una variación mensual de algunos parámetros Bioclimáticos relevantes que caracterizan el área de estudio.

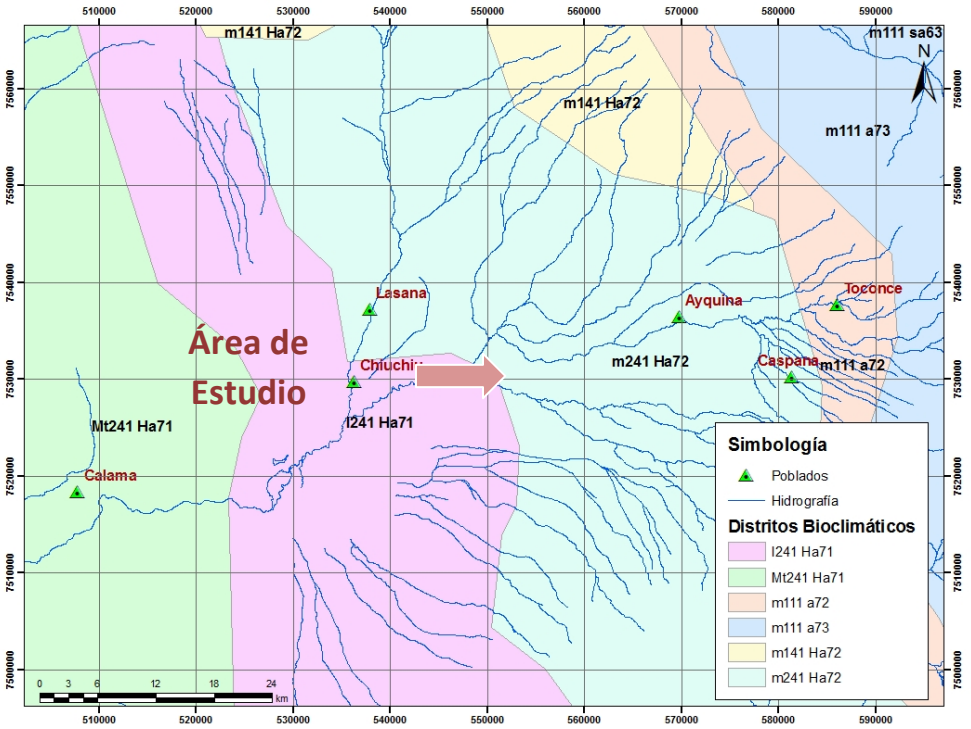



**FIGURA 7.5.2-2**
**UBICACIÓN DISTRITOS AGROCLIMÁTICOS ÁREA DE ESTUDIO CALAMA**

Fuente: Elaboración propia a partir de Universidad de Chile, 2012.

El distrito I241 Ha71 representa agroclimáticamente el sector de Chiu Chiu. Se caracteriza por mantener un régimen térmico con una temperatura media anual de 12,3 °C, siendo los meses más cálidos diciembre, enero y febrero, con temperaturas máximas que superan los 23°C; mientras los meses más fríos corresponden a Julio y Agosto con temperaturas mínimas de 1,5°C y 1,8°C respectivamente.

La suma de temperaturas anuales base 10°C es de 934,1 grados-días. En cuanto a las precipitaciones, estas resultan escasas, alcanzando los 17,9 mm anuales. Los meses más lluviosos corresponden a Junio y Julio, con precipitaciones medias mensuales de 3,1 y 6,0 mm respectivamente.

Destacan los altos valores de evapotranspiración, los que anualmente corresponden a 1.053,2 mm aproximadamente. Registrándose un valor en torno a los 112,3 mm en el mes más cálido del año (enero).

En el Cuadro 7.5.2-4, se presenta una variación mensual de algunos parámetros Bioclimáticos relevantes para el distrito I241 Ha71.

**CUADRO 7.5.2-3**
**PARÁMETROS AGROCLIMÁTICOS MENSUALES**
**DISTRITO AGROCLIMÁTICO MT241 HA72**

| VARIABLE | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Anual |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **T. Med (°C)** | 17,7 | 17,1 | 15,5 | 13,4 | 11,2 | 9,6 | 9 | 9,5 | 11 | 13,1 | 15,3 | 16,9 | 13,3 |
| **T. Max (°C)** | 26,4 | 25,8 | 23,9 | 21,1 | 18,3 | 16,2 | 15,4 | 16 | 18 | 20,8 | 23,6 | 25,6 | 20,9 |
| **T. Min (°C)** | 9 | 8,4 | 7,2 | 5,6 | 4,1 | 3 | 2,6 | 2,9 | 3,9 | 5,4 | 7 | 8,2 | 5,6 |
| **Días –grado** | 237,9 | 197,9 | 171,6 | 101,8 | 38,3 | 4,1 | 2 | 3,5 | 29,3 | 96 | 158,2 | 215,1 | 1.255,70 |
| **Horas Frio** | 29,4 | 41,5 | 75,5 | 137,7 | 219,1 | 283,8 | 310,5 | 290,6 | 230,7 | 149,5 | 83,6 | 44,6 | 1.896,60 |
| **Pp (mm)** | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 1,7 | 5,8 | 8,9 | 4,3 | 1,1 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 24,1 |
| **Etp (mm)** | 132,9 | 128 | 111,9 | 91,5 | 74 | 62,8 | 58,8 | 62 | 72,4 | 89,3 | 109,7 | 126,9 | 1.120,2 |
| **Def. Hidr. (mm)** | -132,4 | -127,6 | -111,5 | -91,1 | -72,3 | -56,9 | -49,9 | -57,7 | -71,3 | -89 | -109,6 | -126,7 | -1.096,0 |
| **Periodo Seco** | Seco | Seco | Seco | Seco | Seco | Seco | Seco | Seco | Seco | Seco | Seco | Seco | 12 |

Fuente: Universidad de Chile, 2012.

**CUADRO 7.5.2-4**
**PARÁMETROS AGROCLIMÁTICOS MENSUALES**
**DISTRITO I241 HA71**

| Variable | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ANUAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **T. Med (°C)** | 16,0 | 15,4 | 14,2 | 12,4 | 10,6 | 9,2 | 8,7 | 9,1 | 10,4 | 12,1 | 13,9 | 15,3 | 12,3 |
| **T. Max (°C)** | 24,1 | 23,7 | 22,3 | 20,2 | 18,1 | 16,6 | 15,9 | 16,4 | 17,9 | 20,0 | 22,0 | 23,6 | 20,1 |
| **T. Min (°C)** | 7,8 | 7,2 | 6,1 | 4,5 | 3,0 | 1,9 | 1,5 | 1,8 | 2,8 | 4,3 | 5,8 | 7,1 | 4,5 |
| **Días –grado** | 185,2 | 152,6 | 129,0 | 71,4 | 19,9 | 4,9 | 2,6 | 4,4 | 14,7 | 65,9 | 118,1 | 165,4 | 934,1 |
| **Horas Frio** | 60,3 | 78,1 | 122,2 | 197,6 | 283,3 | 349,2 | 374,8 | 355,7 | 295,3 | 211,1 | 131,9 | 82,2 | 2.541,7 |
| **Pp (mm)** | 1,5 | 1,3 | 0,9 | 0,3 | 0,7 | 3,1 | 6,0 | 2,6 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,6 | 17,9 |
| **Etp (mm)** | 112,3 | **109,7** | 100,1 | 87,2 | 75,6 | 67,9 | 65,0 | 67,3 | 74,5 | 85,8 | 98,7 | 109,1 | 1.053,2 |
| **Def. Hidr. (mm)** | -110,8 | -108,4 | -99,1 | -86,9 | -74,9 | -64,8 | -59,0 | -64,7 | -74,0 | -85,6 | -98,5 | -108,5 | -1.035,2 |
| **Periodo Seco** | seco | seco | seco | seco | seco | seco | seco | seco | seco | seco | seco | seco | 12 |

Fuente: Universidad de Chile, 2012.

El distrito m²41 Ha72 representa el sector de Lasana, Ayquina y Caspana. Este distrito mantiene un régimen térmico con una temperatura media anual de 10,5°C, siendo los meses más cálidos diciembre, enero y febrero, con temperaturas máximas que no superan los 21°C; mientras los meses más fríos corresponden a julio y agosto con temperaturas mínimas bajo los 1,5°C.

La suma de temperaturas anuales base 10°C es de 432,6 grados-días. En cuanto a las precipitaciones, estas resultan escasas, alcanzando los 27,8 mm anuales. Los meses más lluviosos corresponden a junio y julio, con precipitaciones medias mensuales de 3,9 y 7,0 mm respectivamente.

Destacan los altos valores de evapotranspiración, los que anualmente corresponden a 890,7 mm aproximadamente, registrándose un valor en torno a los 90,6 mm en el mes más cálido del año (enero).

En el Cuadro 7.5.2-5, se presenta una variación mensual de algunos parámetros Bioclimáticos relevantes que caracterizan el área de estudio.

**CUADRO 7.5.2-5**
**PARÁMETROS AGROCLIMÁTICOS MENSUALES**
**DISTRITO AGROCLIMÁTICO M²41 HA72**

| VARIABLE | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Anual |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **T. Med (°C)** | 13,3 | 12,9 | 11,9 | 10,6 | 9,2 | 8,2 | 7,7 | 8,1 | 9,0 | 10,4 | 11,8 | 12,8 | 10,5 |
| **T. Max (°C)** | 21,0 | 20,6 | 19,5 | 18,0 | 16,3 | 15,1 | 14,6 | 15,0 | 16,2 | 17,8 | 19,4 | 20,6 | 17,8 |
| **T. Min (°C)** | 5,7 | 5,2 | 4,3 | 3,2 | 2,0 | 1,2 | 0,9 | 1,1 | 1,9 | 3,0 | 4,2 | 5,1 | 3,2 |
| **Días –grado** | 103,5 | 82,3 | 61,1 | 21,9 | 1,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,2 | 18,0 | 54,2 | 88,4 | 432,6 |
| **Horas Frio** | 146,0 | 166,0 | 210,1 | 275,4 | 342,7 | 393,1 | 412,7 | 398,3 | 352,6 | 286,6 | 219,2 | 170,4 | 3.373,2 |
| **Pp (mm)** | 3,8 | 3,3 | 2,3 | 0,5 | 0,9 | 3,9 | 7,0 | 3,1 | 0,7 | 0,3 | 0,5 | 1,5 | 27,8 |
| **Etp (mm)** | 90,6 | 89,0 | 82,6 | 74,0 | 66,1 | 60,7 | 58,7 | 60,3 | 65,3 | 73,1 | 81,8 | 88,6 | 890,7 |
| **Def. Hidr. (mm)** | -86,8 | -85,7 | -80,3 | -73,4 | -65,1 | -56,8 | -51,7 | -57,2 | -64,6 | -72,8 | -81,3 | -87,1 | -862,9 |
| **Periodo Seco** | Seco | Seco | Seco | Seco | Seco | Seco | Seco | Seco | Seco | Seco | Seco | Seco | 12 |

Fuente: Universidad de Chile, 2012.

El distrito m111 Ha72 representa el sector de Toconce. Este distrito mantiene un régimen térmico con una temperatura media anual de 16,8°C, siendo los meses más cálidos diciembre, enero y febrero, con temperaturas máximas que no superan los 20°C; mientras los meses más fríos corresponden a julio y agosto con temperaturas mínimas bajo los 11°C.

La suma de temperaturas anuales base 10°C es de 2.467,4 grados-días. En cuanto a las precipitaciones, estas resultan escasas, alcanzando los 7,5 mm anuales. Los meses más lluviosos corresponden a junio y julio, con precipitaciones medias mensuales de 0,8 y 1,8 mm respectivamente.

Destacan los altos valores de evapotranspiración, los que anualmente corresponden a 745,2 mm aproximadamente, registrándose un valor en torno a los 76,5 mm en el mes más cálido del año (enero).

En el Cuadro 7.5.2-6, se presenta una variación mensual de algunos parámetros Bioclimáticos relevantes que caracterizan el área de estudio.

A partir de lo anterior, se pueden detectar algunas diferencias entre los resultados de los parámetros de las dos fuentes de información analizadas para el área de estudio, en especial los referidos a la evapotranspiración potencial, la precipitación y por consecuencia en el

déficit hídrico. Esta situación es posible explicar en parte, dado que el Atlas Bioclimático de Chile de 2012 considera una actualización temporal de los antecedentes expuestos, con mediciones más precisas y una zonificación de los distritos con una representatividad más local que la expuesta por INIA en 1989. Es por esta razón que se considera como principal fuente de información en el presente estudio el Atlas bioclimático de Chile.

**CUADRO 7.5.2-6**
**PARÁMETROS AGROCLIMÁTICOS MENSUALES**
**DISTRITO AGROCLIMÁTICO M111 HA72**

| VARIABLE | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Anual |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **T. Med (°C)** | 19,9 | 19,4 | 18,3 | 16,9 | 15,4 | 14,2 | 13,8 | 14,1 | 15,2 | 16,6 | 18,2 | 19,3 | 16,8 |
| **T. Max (°C)** | 24,0 | 23,6 | 22,5 | 20,8 | 19,2 | 17,9 | 17,4 | 17,8 | 19,0 | 20,6 | 22,3 | 23,5 | 20,7 |
| **T. Min (°C)** | 15,7 | 15,2 | 14,2 | 12,9 | 11,6 | 10,6 | 10,2 | 10,5 | 11,4 | 12,6 | 14,0 | 15,1 | 12,8 |
| **Días –grado** | 305,5 | 263,6 | 258,5 | 205,6 | 166,2 | 127,3 | 117,7 | 128,4 | 155,3 | 205,9 | 244,5 | 288,9 | 2.767,4 |
| **Horas Frio** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 2,3 | 7,8 | 10,8 | 8,6 | 3,1 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 32,8 |
| **Pp (mm)** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,8 | 1,8 | 1,3 | 0,9 | 0,9 | 0,8 | 0,8 | 7,5 |
| **Etp (mm)** | 76,5 | 75,7 | 70,2 | 62,2 | 54,6 | 49,3 | 47,4 | 49,0 | 54,0 | 61,4 | 69,5 | 75,5 | 745,2 |
| **Def. Hidr. (mm)** | -76,5 | -75,7 | -70,2 | -62,2 | -54,4 | -48,5 | -45,6 | -47,7 | -53,0 | -60,6 | -68,7 | -74,6 | -737,7 |
| **Periodo Seco** | Seco | Seco | Seco | Seco | Seco | Seco | Seco | Seco | Seco | Seco | Seco | Seco | 12 |

Fuente: Universidad de Chile, 2012.

## 7.5.3. Adaptabilidad Climática de los Cultivos

El presente análisis de adaptabilidad hace referencia a las características agroclimáticas de la zona potencial de riego. Se considera como principales parámetros de evaluación, las temperaturas mínimas y máximas, la acumulación de horas frío, la sensibilidad a heladas y la acumulación de grados día.

En el Cuadro 7.5.3-1, se señalan los requerimientos climáticos y la adaptabilidad de diferentes cultivos en función de los parámetros reales existentes en el área de estudio, la cual se subdivide en los cuatro distritos definidos en Acápite 7.5.2. A partir de esta información se puede inducir que, desde el punto de vista agroclimático, el área de estudio presenta condiciones moderada o de plano desfavorables para el establecimiento de diversas especies vegetales de interés comercial, lo que se hace más notorio en el caso de frutales.

Se puede observar que las características agroclimáticas más limitantes son una acumulación de días grados anuales que no permite suplir la demanda de una cantidad importante de cultivos, acompañado de falta de horas frío necesarias para la floración, lo que en algunos casos es acompañado por un insuficiente periodo libre de heladas.

En el caso de los frutales, de las especies analizadas, solo ciruelos, damascos, durazneros, perales, higueras, vides y membrilleros tiene algún grado de adaptación a las condiciones agroclimáticas, principalmente porque la T° mínima de los sectores es muy inferior

a la de crecimiento de los árboles y a que al exceso de horas frío pueden adelantar la floración, generando una mayor exposición de tejidos sensibles a heladas de invierno – primavera. Además, se puede retardar el desarrollo fenológico luego de la floración.

La adaptación de las hortalizas, en tanto, varía según la especie, existiendo algunas que se adaptan a las zonas climáticas más centrales, tales como, arveja, cebolla, choclo, lechuga, repollo y zanahoria. El resto de las hortalizas tienen una adaptación moderada o no se adaptan, básicamente por su sensibilidad a las heladas.

Los cereales, en general poseen una adaptabilidad moderada en la zona de estudio. En cuanto a las especies forrajeras, representadas por la alfalfa, presenta de buena a adaptación moderada en la zona.

Esta primera aproximación de adaptabilidad de cultivos concuerda con lo registrado en las visitas de terreno, en donde se identificó que la actividad principalmente presente es la agricultura orientada al cultivo de alfalfa para ganado de distinto tipo y de hortalizas, principalmente choclo y zanahoria, seguida por pequeñas producciones tipo huertas caseras con otro tipo de hortalizas.

Cabe destacar, que las adaptaciones señaladas corresponden a escenarios que no contemplan el uso de invernaderos, que permiten manejar de mejor forma las condiciones climáticas, pero que no revierten completamente la adaptabilidad de los cultivos en cuanto a alcanzar rendimiento considerados altos para su producción comercial.

Finalmente, para determinar la adaptabilidad real de los cultivos, este análisis debe ser cotejado con las condiciones de suelo y calidad de agua.

## CUADRO 7.5.3-1
## ADAPTABILIDAD CLIMÁTICA DE ESPECIES AGRÍCOLAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

| Especie | T° Mín. Crecim. (°C) | T° Máx. Crecim. (°C) | Rango Óptimo T° (°C) | Horas de frío | Heladas | | Días Grado (base 10°) | Ranking Adaptabilidad Climática | | Ranking Adaptabilidad Climática | | Ranking Adaptabilidad Climática | | Ranking Adaptabilidad Climática | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Periodo Libre (Días) | Sensibilidad | | N° de Orden | Grado de Adapt. | N° de Orden | Grado de Adapt. | N° de Orden | Grado de Adapt. | N° de Orden | Grado de Adapt. |
| | | | | | | | | Distrito 1-Mt241 Ha72 | | Distrito 2-I241 Ha71 | | Distrito 3-m²41 Ha72 | | Distrito 4-m111 Ha72 | |
| **Distrito 1-Mt241 Ha72** | **2,6** | **26,4** | **2,6 - 26,4** | **1.896,6** | **180,1** | **-** | **1.255,7** | **-** | **-** | **-** | **-** | **-** | **-** | **-** | **-** |
| **Distrito 2-I241 Ha71** | **1,5** | **24,1** | **1,5 - 24,1** | **2.541,7** | **146,3** | **-** | **934,1** | **-** | **-** | **-** | **-** | **-** | **-** | **-** | **-** |
| **Distrito 3-m²41 Ha72** | **0,9** | **21,0** | **0,9 - 21,0** | **3.373,2** | **101,3** | **-** | **432,6** | **-** | **-** | **-** | **-** | **-** | **-** | **-** | **-** |
| **Distrito 4-m111 Ha72** | **10,2** | **24,0** | **10,2 - 24,0** | **32,8** | **38,4** | **-** | **2.767,4** | **-** | **-** | **-** | **-** | **-** | **-** | **-** | **-** |
| **Frutales** | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Almendro** | 10 | 40 | 16-25 | 200-600 | 225 | Medianam. Resistente | 1.000-1.200 | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado |
| **Arándano** | 7 | 33 | 16-25 | 850-1300 | - | Medianam. Resistente | 800-1.200 | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado |
| **Cerezo** | 7 | 36 | 18-24 | 800-1.200 | - | Medianam. Resistente | 1.300 | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado |
| **Ciruelo** | 10 | 37 | 18-27 | 500-1.000 | 90-180 | Medianam. Resistente | 1.000-1.500 | 2 | Adaptación Moderada | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado |
| **Clementina** | 14 | - | - | - | 300-360 | Medianam. Resistente | 1.400-1.900 | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado |
| **Damasco** | 8 | 40 | 18-24 | 350-900 | 120 | Medianam. Resistente | 700 | 2 | Adaptación Moderada | 2 | Adaptación Moderada | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado |
| **Duraznero** | 10 | 40 | 21-27 | 300-1.000 | 90-150 | Medianam. Resistente | 1.000 | 2 | Adaptación Moderada | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado |
| **Higuera** | - | - | - | 100-350 | - | Medianam. Resistente | - | 2 | Adaptación Moderada | 2 | Adaptación Moderada | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado |
| **Limonero** | 13 | 42 | 22-27 | - | 300-360 | Medianam. Resistente | 1.400-1.900 | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado |
| **Membrillo** | 7 | 37 | 20-25 | 400-900 | - | Medianam. Resistente | 1000-1400 | 2 | Adaptación Moderada | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado |
| **Naranjo** | 14 | 39 | 20-26 | - | 300-360 | Medianam. Resistente | 1.400-1.900 | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado |
| **Nogales** | 10 | 38 | 21-28 | 500-1.000 | 180-200 | Medianam. Resistente | 1.300-1.700 | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado |

## CUADRO 7.5.3-1
## ADAPTABILIDAD CLIMÁTICA DE ESPECIES AGRÍCOLAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

| Especie | T° Mín. Crecim. (°C) | T° Máx. Crecim. (°C) | Rango Óptimo T° (°C) | Horas de frío | Heladas | | Días Grado (base 10°) | Ranking Adaptabilidad Climática | | Ranking Adaptabilidad Climática | | Ranking Adaptabilidad Climática | | Ranking Adaptabilidad Climática | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Periodo Libre (Días) | Sensibilidad | | N° de Orden | Grado de Adapt. | N° de Orden | Grado de Adapt. | N° de Orden | Grado de Adapt. | N° de Orden | Grado de Adapt. |
| | | | | | | | | Distrito 1-Mt241 Ha72 | | Distrito 2-I241 Ha71 | | Distrito 3-m²41 Ha72 | | Distrito 4-m111 Ha72 | |
| **Frutales** | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Olivos** | 6 | 40 | 22-27 | 800 | 180-300 | Medianam. Resistente | 1.400-1.800 | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado |
| **Palto** | 10 | 35 | 20-26 | No requiere | 300-360 | Medianam. Resistente | - | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado |
| **Peral** | 6 | 38 | 20-26 | 400-1500 | 115-200 | Medianam. Resistente | 690-1.500 | 2 | Adaptación Moderada | 2 | Adaptación Moderada | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado |
| **Vid** | 10 | 44 | 20-26 | 500-750 | 150-180 | Sensible | 900-1.500 | 2 | Adaptación Moderada | 2 | Adaptación Moderada | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado |
| **Cereales** | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Avena** | 4 | 35 | 19-26 | - | - | Resistente | 400-650 | 2 | Adaptación Moderada | 2 | Adaptación Moderada | 2 | Adaptación Moderada | 2 | Adaptación Moderada |
| **Trigo** | 4 | 30 | 18-24 | - | - | Resistente | 550-850 | 2 | Adaptación Moderada | 2 | Adaptación Moderada | 3 | No Adaptado | 2 | Adaptación Moderada |
| **Cebada** | 4 | 30 | 19-26 | - | - | Resistente | 550-750 | 2 | Adaptación Moderada | 2 | Adaptación Moderada | 3 | No Adaptado | 2 | Adaptación Moderada |
| **Praderas** | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Alfalfa** | 5 | 38 | 18-28 | - | - | Resistente | - | 1 | Bien Adaptado | 1 | Bien Adaptado | 2 | Adaptación Moderada | 2 | Adaptación Moderada |
| **Hortalizas** | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Ají** | 13 | 32 | 20-26 | - | - | Muy Sensible | 750-950 | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado |
| **Alcachofa** | 7 | 25 | 15-20 | - | - | Sensible | 850-1.250 | 2 | Adaptación Moderada | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado |
| **Arveja** | 5 | 30 | 15-24 | - | 70-100 | Medianam. Resistente | 450-650 | 1 | Bien Adaptado | 1 | Bien Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado |
| **Brócoli** | 4 | 38 | 23-30 | - | - | Medianam. Resistente | - | 2 | Adaptación Moderada | 2 | Adaptación Moderada | 2 | Adaptación Moderada | 2 | Adaptación Moderada |
| **Cebolla** | 2 | 35 | 15-25 | 960-1.440 | 90-160 | Medianam. Resistente | 600-900 | 1 | Bien Adaptado | 1 | Bien Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado |

## CUADRO 7.5.3-1
## ADAPTABILIDAD CLIMÁTICA DE ESPECIES AGRÍCOLAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

| Especie | T° Mín. Crecim. (°C) | T° Máx. Crecim. (°C) | Rango Óptimo T° (°C) | Horas de frío | Heladas | | Días Grado (base 10°) | Ranking Adaptabilidad Climática | | Ranking Adaptabilidad Climática | | Ranking Adaptabilidad Climática | | Ranking Adaptabilidad Climática | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Periodo Libre (Días) | Sensibilidad | | N° de Orden | Grado de Adapt. | N° de Orden | Grado de Adapt. | N° de Orden | Grado de Adapt. | N° de Orden | Grado de Adapt. |
| | | | | | | | | Distrito 1-Mt241 Ha72 | | Distrito 2-I241 Ha71 | | Distrito 3-m²41 Ha72 | | Distrito 4-m111 Ha72 | |
| **Hortalizas** | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Choclo** | 12 | 40 | 15-30 | - | 80-180 | Sensible | 950-1.400 | 1 | Bien Adaptado | 1 | Bien Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado |
| **Esparrago** | 10 | 37 | 18-30 | - | - | Sensible | - | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado |
| **Frutilla** | 7 | 29 | 18-25 | - | 100-150 | Sensible | 300-600 | 2 | Adaptación Moderada | 2 | Adaptación Moderada | 2 | Adaptación Moderada | 3 | No Adaptado |
| **Haba** | 5 | 30 | 15-24 | - | - | Medianam. Resistente | 450-650 | 2 | Adaptación Moderada | 2 | Adaptación Moderada | 3 | No Adaptado | 2 | Adaptación Moderada |
| **Lechuga** | 2 | 30 | 14-25 | - | 60-130 | Medianam. Resistente | - | 1 | Bien Adaptado | 1 | Bien Adaptado | 1 | Bien Adaptado | 3 | No Adaptado |
| **Melón** | 15 | 38 | 18-30 | - | 90-130 | Sensible | 850-1.100 | 2 | Adaptación Moderada | 2 | Adaptación Moderada | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado |
| **Papa** | 7 | 30 | 18-22 | - | 90-180 | Medianam. Resistente | 700-1.000 | 2 | Adaptación Moderada | 2 | Adaptación Moderada | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado |
| **Pepino Dulce** | 12 | 35 | 20-30 | - | - | Sensible | 800-1.100 | 2 | Adaptación Moderada | 2 | Adaptación Moderada | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado |
| **Pimentón** | 13 | 35 | 18-30 | - | - | Sensible | 750-950 | 2 | Adaptación Moderada | 2 | Adaptación Moderada | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado |
| **Poroto (Verde)** | 6 | 36 | 18-26 | - | 90-150 | Sensible | 540-1.050 | 2 | Adaptación Moderada | 2 | Adaptación Moderada | 2 | Adaptación Moderada | 3 | No Adaptado |
| **Repollo** | 1 | 38 | 15-30 | - | - | Medianam. Resistente | - | 1 | Bien Adaptado | 1 | Bien Adaptado | 3 | 2 | Adaptación Moderada | 2 |
| **Sandía** | 15 | 40 | 20-30 | - | 100-180 | Sensible | 1.200 | 2 | Adaptación Moderada | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado |
| **Tomate** | 10 | 35 | 18-30 | - | 200-300 | Sensible | 650-750 | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado |
| **Zanahoria** | 4 | 35 | 08-29 | - | 120-200 | Medianam. Resistente | - | 1 | Bien Adaptado | 1 | Bien Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado |
| **Zapallo** | 11 | 38 | 17-30 | - | 150-200 | Sensible | - | 2 | Adaptación Moderada | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado | 3 | No Adaptado |

Fuente: Elaboración propia.

## 7.6. Uso del Suelo

El uso del suelo se ha obtenido a partir de los resultados del Censo Agropecuario del año 2007, ajustando los rubros existentes al valor de la superficie total regada. En el Cuadro 7.6-1 se presenta la superficie regada para cada sector del área de estudio.

En forma más específica, la superficie dividida por método de riego se muestra en el Cuadro 7.6-2. En este caso, para cada cultivo se asignó la superficie de cada método en concordancia con los antecedentes recopilados en las entrevistas en terreno.

**CUADRO 7.6-1**
**USO DEL SUELO SITUACIÓN ACTUAL**

| Cultivo | Calama | | Chiu Chiu | | Caspana | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (ha) | (%) | (ha) | (%) | (ha) | (%) | (ha) | (%) |
| **Choclo** | 70,3 | 15,5 | 0,0 | 0,0 | 10,9 | 10,7 | 81,2 | 10,2 |
| **Zanahoria** | 0,0 | 0,0 | 134,5 | 66,2 | 0,2 | 0,2 | 134,8 | 20,4 |
| **Betarraga** | 0,0 | 0,0 | 3,7 | 1,8 | 0,0 | 0,0 | 3,7 | 0,6 |
| **Haba** | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 5,7 | 5,6 | 5,8 | 0,6 |
| **Maíz (grano)** | 115,3 | 25,4 | 15,6 | 7,7 | 10,8 | 10,6 | 141,8 | 18,4 |
| **Alfalfa** | 265,9 | 58,5 | 40,0 | 19,7 | 61,8 | 60,8 | 367,7 | 46,8 |
| **Otros Cultivos** | 2,6 | 0,6 | 9,4 | 4,6 | 12,2 | 12,0 | 24,1 | 3,0 |
| **Total** | 454,3 | 100,0 | 203,2 | 100,0 | 101,6 | 100,0 | 759,1 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Censo Agropecuario 2007.

**CUADRO 7.6-2**
**USO DEL SUELO POR MÉTODO DE RIEGO**
**SITUACIÓN ACTUAL**

| Sector | Cultivo | Riego gravitacional | | | Mecánico mayor | | Microriego | | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Tendido | Surco | Otro tradicional | Aspersión tradicional | Carrete o pivote | Goteo y cinta | Microaspersión y microjet | |
| Calama | Choclo | 54,4 | 3,1 | 12,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 70,3 |
| | Zanahoria | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Betarraga | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Haba | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 |
| | Maíz (grano) | 86,7 | 0,0 | 28,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 115,3 |
| | Alfalfa | 264,6 | 0,0 | 0,0 | 1,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 265,9 |
| | Otros Cultivos | 0,0 | 0,0 | 1,3 | 0,0 | 0,0 | 0,8 | 0,6 | 2,6 |
| | **Total** | **405,8** | **3,1** | **42,7** | **1,3** | **0,0** | **0,8** | **0,6** | **454,3** |
| Chiu Chiu | Choclo | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Zanahoria | 128,8 | 5,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 134,5 |
| | Betarraga | 3,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,7 |
| | Haba | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Maíz (grano) | 9,9 | 5,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 15,6 |
| | Alfalfa | 40,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 40,0 |
| | Otros Cultivos | 6,6 | 0,0 | 2,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 9,4 |
| | **Total** | **189,1** | **11,4** | **2,8** | **0,0** | **0,0** | **0,0** | **0,0** | **203,2** |
| Caspana | Choclo | 5,3 | 0,0 | 5,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 10,9 |
| | Zanahoria | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 |
| | Betarraga | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Haba | 5,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 5,7 |
| | Maíz (grano) | 10,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 10,8 |
| | Alfalfa | 61,8 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 61,8 |
| | Otros Cultivos | 6,6 | 0,0 | 5,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 12,2 |
| | **Total** | **90,4** | **0,0** | **11,2** | **0,0** | **0,0** | **0,0** | **0,0** | **101,6** |
| Total | Choclo | 59,7 | 3,1 | 18,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 81,2 |
| | Zanahoria | 129,1 | 5,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 134,8 |
| | Betarraga | 3,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,7 |
| | Haba | 5,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 5,8 |
| | Maíz (grano) | 107,4 | 5,7 | 28,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 141,8 |
| | Alfalfa | 366,4 | 0,0 | 0,0 | 1,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 367,7 |
| | Otros Cultivos | 13,2 | 0,0 | 9,6 | 0,0 | 0,0 | 0,8 | 0,6 | 24,1 |
| | **Total** | **685,3** | **14,4** | **56,7** | **1,3** | **0,0** | **0,8** | **0,6** | **759,1** |

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Censo Agropecuario 2007.

## 7.7. Demandas de Agua Actuales para Uso Agrícola

### 7.7.1. Evapotranspiración Potencial y Real

La Evapotranspiración potencial (ETo) representa lo evapotranspirado por un cultivo de referencia, generalmente una pradera o cereal, de siembra densa, el que se mantiene con alto contenido de humedad, sano, etc. En esas condiciones, la ETo es función de la demanda atmosférica y, por ende, puede estimarse sobre la base de parámetros climáticos.

Los valores de la ETo se han obtenido de los antecedentes agroclimáticos reportados en el estudio agroclimático. Los datos utilizados corresponden a los presentados en el Atlas

Bioclimático de Chile (Universidad de Chile 2012). Los valores mensuales de ETo se presentan en el Cuadro 7.7.1-1, expresados en mm.

**CUADRO 7.7.1-1**
**EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (mm/mes)**

| Sector | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Calama** | 91,5 | 74,0 | 62,8 | 58,8 | 62,0 | 72,4 | 89,3 | 109,7 | 126,9 | 132,9 | 128,0 | 111,9 | 1.120,2 |
| **Chiu Chiu** | 87,2 | 75,6 | 67,9 | 65,0 | 67,3 | 74,5 | 85,8 | 98,7 | 109,1 | 112,3 | 109,7 | 100,1 | 1.053,2 |
| **Caspana** | 74,0 | 66,1 | 60,7 | 58,7 | 60,3 | 65,3 | 73,1 | 81,8 | 88,6 | 90,6 | 89,0 | 82,6 | 890,8 |

Fuente: Universidad de Chile (2012).

Paralelamente, se han determinado para cada cultivo los Coeficientes de Cultivo mensuales (Kc). Estos se basaron en el FAO Irrigation and DrainagePaper 56, denominado "CropEvapotranspirationGuidelinesforcomputingcropwaterrequeriments" (R. Allen, L. Pereira, D. Raes y M. Smith), además de ajustes realizados por el equipo de trabajo según las características de los cultivos en el área de estudio y otros estudios realizados en la zona. El Cuadro 7.7.1-2 muestra estos coeficientes Kc utilizados en el presente estudio. Además, en los Cuadro 7.7.1-3 a 7.7.1-5 se resume la Evapotranspiración Real en cada sector de riego.

**CUADRO 7.7.1-2**
**COEFICIENTES DE CULTIVO KC**

| Cultivos | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Choclo** | | | | | | 0,56 | 0,72 | 0,85 | 0,91 | 1,05 | 1,00 | 0,75 |
| **Zanahoria** | | | | | | 0,88 | 0,97 | 1,01 | 1,05 | 1,05 | 0,95 | |
| **Betarraga** | | | | | | 0,55 | 0,75 | 0,85 | 0,95 | 0,95 | 0,85 | |
| **Haba** | | | | 0,63 | 0,87 | 1,10 | 1,10 | 1,05 | | | | |
| **Maíz (grano)** | | | | | | 0,56 | 0,72 | 0,85 | 0,91 | 1,05 | 1,00 | 0,75 |
| **Alfalfa** | 1,00 | 1,05 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 1,00 | 1,05 | 1,05 | 1,00 | 1,05 | 1,00 | 1,05 |
| **Otros Cultivos** | | 0,53 | 0,90 | | | 0,53 | 0,90 | | | 0,53 | 0,90 | |

Fuente: FAO y elaboración propia.

**CUADRO 7.7.1-3**
**EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL SECTOR CALAMA (mm/mes)**

| CULTIVO | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Choclo** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 40,5 | 64,3 | 93,2 | 115,5 | 139,5 | 128,0 | 83,9 | 664,9 |
| **Zanahoria** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 63,7 | 86,6 | 110,8 | 133,2 | 139,5 | 121,6 | 0,0 | 655,4 |
| **Betarraga** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 39,8 | 67,0 | 93,2 | 120,6 | 126,3 | 108,8 | 0,0 | 555,7 |
| **Haba** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 37,0 | 53,9 | 79,6 | 98,2 | 115,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 383,9 |
| **Maíz (grano)** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 40,5 | 64,3 | 93,2 | 115,5 | 139,5 | 128,0 | 83,9 | 664,9 |
| **Alfalfa** | 91,5 | 77,7 | 59,7 | 55,9 | 58,9 | 72,4 | 93,8 | 115,2 | 126,9 | 139,5 | 128,0 | 117,5 | 1.137,0 |
| **Otros Cultivos** | 0,0 | 39,2 | 56,5 | 0,0 | 0,0 | 38,4 | 80,4 | 0,0 | 0,0 | 70,4 | 115,2 | 0,0 | 400,1 |

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 7.7.1-4**
**EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL SECTOR CHIUCHIU (mm/mes)**

| CULTIVO | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Choclo** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 41,7 | 61,8 | 83,9 | 99,3 | 117,9 | 109,7 | 75,1 | 589,4 |
| **Zanahoria** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 65,6 | 83,2 | 99,7 | 114,6 | 117,9 | 104,2 | 0,0 | 585,2 |
| **Betarraga** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 41,0 | 64,4 | 83,9 | 103,6 | 106,7 | 93,2 | 0,0 | 492,8 |
| **Haba** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 41,0 | 58,6 | 82,0 | 94,4 | 103,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 379,6 |
| **Maíz (grano)** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 41,7 | 61,8 | 83,9 | 99,3 | 117,9 | 109,7 | 75,1 | 589,4 |
| **Alfalfa** | 87,2 | 79,4 | 64,5 | 61,8 | 63,9 | 74,5 | 90,1 | 103,6 | 109,1 | 117,9 | 109,7 | 105,1 | 1.066,8 |
| **Otros Cultivos** | 0,0 | 40,1 | 61,1 | 0,0 | 0,0 | 39,5 | 77,2 | 0,0 | 0,0 | 59,5 | 98,7 | 0,0 | 376,1 |

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 7.7.1-5**
**EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL SECTOR CASPANA (mm/mes)**

| CULTIVO | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Choclo** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 36,6 | 52,6 | 69,5 | 80,6 | 95,1 | 89,0 | 62,0 | 485,4 |
| **Zanahoria** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 57,5 | 70,9 | 82,6 | 93,0 | 95,1 | 84,6 | 0,0 | 483,7 |
| **Betarraga** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 35,9 | 54,8 | 69,5 | 84,2 | 86,1 | 75,7 | 0,0 | 406,2 |
| **Haba** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 37,0 | 52,5 | 71,8 | 80,4 | 85,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 327,6 |
| **Maíz (grano)** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 36,6 | 52,6 | 69,5 | 80,6 | 95,1 | 89,0 | 62,0 | 485,4 |
| **Alfalfa** | 74,0 | 69,4 | 57,7 | 55,8 | 57,3 | 65,3 | 76,8 | 85,9 | 88,6 | 95,1 | 89,0 | 86,7 | 901,6 |
| **Otros Cultivos** | 0,0 | 35,0 | 54,6 | 0,0 | 0,0 | 34,6 | 65,8 | 0,0 | 0,0 | 48,0 | 80,1 | 0,0 | 318,1 |

Fuente: Elaboración propia.

## 7.7.2. Demanda Neta de Agua de Riego

Para determinar la demanda neta de agua de riego, es necesario en primer lugar conocer la precipitación efectiva en el área en estudio. Ésta corresponde a la fracción de la precipitación total que puede ser aprovechada por el cultivo. La fracción que no es utilizada puede perderse en forma de escorrentía superficial, percolación profunda o evaporación.

La fórmula utilizada para transformar precipitación total en efectiva corresponde al método de Blaney y Criddle modificado por Merlet y Santibáñez:

$$Pef = -0{,}0022 * PP^2 + 1{,}0903 * PP$$

Donde:

$Pef$: Precipitación efectiva mensual.

$PP$: Precipitación media mensual.

La precipitación efectiva se presenta en el Cuadro 7.7.2-1.

**CUADRO 7.7.2-1**
**PRECIPITACIÓN MEDIA Y EFECTIVA (mm/mes)**

| Sector | Parámetro | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Calama | PP | 0,4 | 1,7 | 5,8 | 8,9 | 4,3 | 1,1 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 24,1 |
| | Pef | 0,0 | 1,0 | 6,0 | 9,0 | 4,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 21,0 |
| Chiu Chiu | PP | 0,3 | 0,7 | 3,1 | 6,0 | 2,6 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,6 | 1,5 | 1,3 | 0,9 | 17,9 |
| | Pef | 0,0 | 0,0 | 3,0 | 6,0 | 2,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,0 | 1,0 | 0,0 | 13,0 |
| Caspana | PP | 0,5 | 0,9 | 3,9 | 7,0 | 3,1 | 0,7 | 0,3 | 0,5 | 1,5 | 3,8 | 3,3 | 2,3 | 27,8 |
| | Pef | 0,0 | 0,0 | 4,0 | 7,0 | 3,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,0 | 4,0 | 3,0 | 2,0 | 24,0 |

Fuente: Elaboración propia.

Una vez conocida la precipitación efectiva, se restó a la Evapotranspiración Real (ETr) obtenida en el punto anterior, obteniendo la Demanda Neta de cultivo, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Dn = ETr - Pef$$

Dónde:

*Dn* es la demanda neta de cultivo (mm)

*Etr* es la Evapotranspiración real (mm), y

*Pef* es la precipitación efectiva (mm)

De esta forma, se determinaron las demandas unitarias netas mensuales para cada cultivo. Dicha información se muestra en los Cuadro 7.7.2-2 a 7.7.2-4.

**CUADRO 7.7.2-2**
**DEMANDA NETA DE AGUA POR RUBRO SECTOR CALAMA (mm/mes)**

| CULTIVO | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Choclo** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 39,5 | 64,3 | 93,2 | 115,5 | 139,5 | 128,0 | 83,9 | 663,9 |
| **Zanahoria** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 62,7 | 86,6 | 110,8 | 133,2 | 139,5 | 121,6 | 0,0 | 654,4 |
| **Betarraga** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 38,8 | 67,0 | 93,2 | 120,6 | 126,3 | 108,8 | 0,0 | 554,7 |
| **Haba** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 28,0 | 49,9 | 78,6 | 98,2 | 115,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 369,9 |
| **Maíz (grano)** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 39,5 | 64,3 | 93,2 | 115,5 | 139,5 | 128,0 | 83,9 | 663,9 |
| **Alfalfa** | 91,5 | 76,7 | 53,7 | 46,9 | 54,9 | 71,4 | 93,8 | 115,2 | 126,9 | 139,5 | 128,0 | 117,5 | 1.116,0 |
| **Otros Cultivos** | 0,0 | 38,2 | 50,5 | 0,0 | 0,0 | 37,4 | 80,4 | 0,0 | 0,0 | 70,4 | 115,2 | 0,0 | 392,1 |

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 7.7.2-3**
**DEMANDA NETA DE AGUA POR RUBRO SECTOR CHIUCHIU(mm/mes)**

| CULTIVO | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Choclo** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 41,7 | 61,8 | 83,9 | 99,3 | 116,9 | 108,7 | 75,1 | 587,4 |
| **Zanahoria** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 65,6 | 83,2 | 99,7 | 114,6 | 116,9 | 103,2 | 0,0 | 583,2 |
| **Betarraga** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 41,0 | 64,4 | 83,9 | 103,6 | 105,7 | 92,2 | 0,0 | 490,8 |
| **Haba** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 35,0 | 56,6 | 82,0 | 94,4 | 103,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 371,6 |
| **Maíz (grano)** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 41,7 | 61,8 | 83,9 | 99,3 | 116,9 | 108,7 | 75,1 | 587,4 |
| **Alfalfa** | 87,2 | 79,4 | 61,5 | 55,8 | 61,9 | 74,5 | 90,1 | 103,6 | 109,1 | 116,9 | 108,7 | 105,1 | 1.053,8 |
| **Otros Cultivos** | 0,0 | 40,1 | 58,1 | 0,0 | 0,0 | 39,5 | 77,2 | 0,0 | 0,0 | 58,5 | 97,7 | 0,0 | 371,1 |

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 7.7.2-4**
**DEMANDA NETA DE AGUA POR RUBRO SECTOR CASPANA (MM/MES)**

| CULTIVO | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Choclo** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 36,6 | 52,6 | 69,5 | 79,6 | 91,1 | 86,0 | 60,0 | 475,4 |
| **Zanahoria** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 57,5 | 70,9 | 82,6 | 92,0 | 91,1 | 81,6 | 0,0 | 475,7 |
| **Betarraga** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 35,9 | 54,8 | 69,5 | 83,2 | 82,1 | 72,7 | 0,0 | 398,2 |
| **Haba** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 30,0 | 49,5 | 71,8 | 80,4 | 85,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 317,6 |
| **Maíz (grano)** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 36,6 | 52,6 | 69,5 | 79,6 | 91,1 | 86,0 | 60,0 | 475,4 |
| **Alfalfa** | 74,0 | 69,4 | 53,7 | 48,8 | 54,3 | 65,3 | 76,8 | 85,9 | 87,6 | 91,1 | 86,0 | 84,7 | 877,6 |
| **Otros Cultivos** | 0,0 | 35,0 | 50,6 | 0,0 | 0,0 | 34,6 | 65,8 | 0,0 | 0,0 | 44,0 | 77,1 | 0,0 | 307,1 |

Fuente: Elaboración propia.

## 7.7.3. Eficiencias de Riego

En el presente acápite se analizan las eficiencias de riego para los distintos métodos utilizados en el área de estudio.

Las eficiencias de riego prediales del área de estudio se determinaron tomando como base los parámetros utilizados en los manuales y estudios de la Comisión Nacional de Riego, los que además son considerados en los concursos de fomento al riego (Ley 18.450). Los valores corresponden a los que se producen a nivel potrero y varían según el método de riego utilizado, sea éste gravitacional o tecnificado (Cuadro 7.7.3-1).

En base a lo anterior se estableció una eficiencia promedio ponderada para cada cultivo y sector en función de la presencia actual que los distintos sistemas de riego tienen en términos de superficie. Estos resultados se presentan en el Cuadro 7.7.3-2.

## CUADRO 7.7.3-1
## EFICIENCIAS DE RIEGO POR MÉTODO UTILIZADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

| Método | Eficiencia (%) |
|---|---|
| **Tendido** | 30,0 |
| **Surco** | 45,0 |
| **Otro tradicional** | 45,0 |
| **Aspersión tradicional** | 75,0 |
| **Carrete o pivote** | 75,0 |
| **Goteo y cinta** | 90,0 |
| **Microaspersión y microjet** | 75,0 |

Fuente:Elboración propia a partir deITT-02 (CNR, 2015).

## CUADRO 7.7.3-2
## EFICIENCIA DE RIEGO PONDERADA ACTUAL

| Sector | Cultivos | Proporción Métodos (%) | | | | | | | EfProm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Tendido | Surco | Otro tradicional | Aspersión tradicional | Carrete o pivote | Goteo y cinta | Microaspersión y microjet | |
| Calama | Choclo | 77,39 | 4,38 | 18,24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,334 |
| | Zanahoria | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 |
| | Betarraga | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 |
| | Haba | 100,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,300 |
| | Maíz (grano) | 75,14 | 0,00 | 24,86 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,337 |
| | Alfalfa | 99,51 | 0,00 | 0,00 | 0,49 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,302 |
| | Otros Cultivos | 0,00 | 0,00 | 47,91 | 0,00 | 0,00 | 31,02 | 21,07 | 0,653 |
| | **Total** | **89,33** | **0,68** | **9,41** | **0,29** | **0,00** | **0,18** | **0,12** | **0,318** |
| Chiu Chiu | Choclo | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 |
| | Zanahoria | 95,78 | 4,22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,306 |
| | Betarraga | 100,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,300 |
| | Haba | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 |
| | Maíz (grano) | 63,60 | 36,40 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,355 |
| Chiu Chiu | Alfalfa | 100,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,300 |
| | Otros Cultivos | 70,65 | 0,00 | 29,35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,344 |
| | **Total** | **93,06** | **5,59** | **1,35** | **0,00** | **0,00** | **0,00** | **0,00** | **0,310** |
| Caspana | Choclo | 48,68 | 0,00 | 51,32 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,377 |
| | Zanahoria | 100,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,300 |
| | Betarraga | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 |
| | Haba | 100,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,300 |
| | Maíz (grano) | 100,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,300 |
| | Alfalfa | 100,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,300 |
| | Otros Cultivos | 53,92 | 0,00 | 46,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,369 |
| | **Total** | **88,98** | **0,00** | **11,02** | **0,00** | **0,00** | **0,00** | **0,00** | **0,317** |
| Total | Choclo | 73,53 | 3,79 | 22,68 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,340 |
| | Zanahoria | 95,78 | 4,22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,306 |
| | Betarraga | 100,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,300 |
| | Haba | 100,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,300 |
| | Maíz (grano) | 75,77 | 4,01 | 20,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,336 |
| | Alfalfa | 99,65 | 0,00 | 0,00 | 0,35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,302 |
| | Otros Cultivos | 54,58 | 0,00 | 39,78 | 0,00 | 0,00 | 3,36 | 2,28 | 0,390 |
| | **Total** | **90,28** | **1,90** | **7,47** | **0,17** | **0,00** | **0,11** | **0,07** | **0,316** |

Fuente:Elaboración propia

### 7.7.4. Tasas de Riego

Los Requerimientos Totales de Agua por unidad de superficie o Tasas de Riego (Tr), resultan de la división de las demandas netas (Dn) y la eficiencia de aplicación (Ea), multiplicado

por un factor de conversión de unidades (que en este caso es igual a 10 y se usa para convertir mm en m³/ha), tal como lo muestra la siguiente expresión:

$$Tr = 10 * \frac{Dn}{Ea}$$

Donde:

*Tr* es la Tasa de Riego en m³/ha/mes

*Dn* es la demanda neta de cultivo en mm/mes, y

*Ea* es la eficiencia de aplicación de riego

En el Cuadro 7.7.4-1 a 7.7.4-3 se presentan las tasas de riego por cultivo para cada sector.

**CUADRO 7.7.4-1**
**TASAS DE RIEGO ACTUAL POR RUBRO SECTOR CALAMA (m³/ha/mes)**

| CULTIVO | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Choclo** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.183 | 1.926 | 2.791 | 3.459 | 4.178 | 3.833 | 2.513 | 19.883 |
| **Zanahoria** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Betarraga** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Haba** | 0 | 0 | 0 | 933 | 1.663 | 2.620 | 3.273 | 3.840 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12.329 |
| **Maíz (grano)** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.171 | 1.906 | 2.763 | 3.424 | 4.136 | 3.795 | 2.487 | 19.682 |
| **Alfalfa** | 3.028 | 2.538 | 1.777 | 1.552 | 1.817 | 2.363 | 3.104 | 3.812 | 4.199 | 4.616 | 4.236 | 3.888 | 36.930 |
| **Otros Cultivos** | 0 | 585 | 774 | 0 | 0 | 573 | 1.232 | 0 | 0 | 1.078 | 1.765 | 0 | 6.007 |

Fuente**:** Elaboración propia.

**CUADRO 7.7.4-2**
**TASAS DE RIEGO ACTUAL POR RUBRO SECTOR CHIUCHIU(m³/ha/mes)**

| CULTIVO | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Choclo** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Zanahoria** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.141 | 2.716 | 3.255 | 3.741 | 3.816 | 3.369 | 0 | 19.038 |
| **Betarraga** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.367 | 2.147 | 2.797 | 3.453 | 3.523 | 3.073 | 0 | 16.360 |
| **Haba** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Maíz (grano)** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.176 | 1.743 | 2.366 | 2.800 | 3.297 | 3.065 | 2.118 | 16.565 |
| **Alfalfa** | 2.907 | 2.647 | 2.050 | 1.860 | 2.063 | 2.483 | 3.003 | 3.453 | 3.637 | 3.897 | 3.623 | 3.503 | 35.126 |
| **Otros Cultivos** | 0 | 1.166 | 1.689 | 0 | 0 | 1.148 | 2.244 | 0 | 0 | 1.700 | 2.840 | 0 | 10.787 |

Fuente**:** Elaboración propia.

**CUADRO 7.7.4-3**
**TASAS DE RIEGO ACTUAL POR RUBRO SECTOR CASPANA (m³/ha/mes)**

| CULTIVO | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Choclo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 971 | 1.395 | 1.844 | 2.112 | 2.417 | 2.281 | 1.592 | 12.612 |
| Zanahoria | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.917 | 2.363 | 2.753 | 3.067 | 3.037 | 2.720 | 0 | 15.857 |
| Betarraga | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Haba | 0 | 0 | 0 | 1.000 | 1.650 | 2.393 | 2.680 | 2.863 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.586 |
| Maíz (grano) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.220 | 1.753 | 2.317 | 2.653 | 3.037 | 2.867 | 2.000 | 15.847 |
| Alfalfa | 2.467 | 2.313 | 1.790 | 1.627 | 1.810 | 2.177 | 2.560 | 2.863 | 2.920 | 3.037 | 2.867 | 2.823 | 29.254 |
| Otros Cultivos | 0 | 948 | 1.371 | 0 | 0 | 937 | 1.783 | 0 | 0 | 1.192 | 2.089 | 0 | 8.320 |

Fuente**:** Elaboración propia.

7.7.5. Demanda Bruta y Tasa de Riego Ponderada

La demanda bruta de agua se calculó mes a mes y resulta de multiplicar la tasa de riego mensual de cada cultivo por su respectiva superficie, para luego sumar esos resultados y obtener un total mensual para cada sector. La demanda bruta por cultivo se obtiene como se indica a continuación:

$$Db_{Ci} = Tr_{Ci} * S_{Ci}$$

Donde:

$Db_{Ci}$ es la demanda bruta del Cultivo “i” en m³/mes

$Tr_{Ci}$ es la tasa de riego del cultivo “i” m³/ha/mes, y

$S_{Ci}$ es la superficie del cultivo “i” en ha

Posteriormente se suman todas las demandas brutas de los distintos cultivos, obteniendo una Demanda Bruta Total en m³/mes, tal como se muestra a continuación:

$$Db_T = \sum Db_{Ci}$$

Donde:

$Db_T$ es la demanda bruta total en m³/mes, y

$Db_{Ci}$ es la demanda bruta del cultivo “i” en m³/mes

Finalmente, se calcula la Tasa de Riego Ponderada, la cual se obtiene dividiendo la Demanda Bruta Total por sector por la Superficie de riego total por sector, tal como se indica a continuación.

$$Trp = \frac{Db_T}{S_T}$$

Donde:

$Trp$ es la tasa de riego ponderada en m³/ha/mes

$Db_T$ es la demanda bruta total en m³/mes

$S_T$ es la superficie de riego total del sector en ha

En los Cuadros 7.7.5-1 a 7.7.5-2 se presentan las demandas brutas para la superficie actual y la tasa de riego ponderada. El cálculo de demandas se presenta en el Anexo 7-1.

## CUADRO 7.7.5-1
## DEMANDA BRUTA ACTUAL (m³/mes) Y
## TASA DE RIEGO PONDERADA SECTOR CALAMA(m³/ha/mes)

| CULTIVO | Sup (ha) | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Sector Calama** | | | | | | | | | | | | | | |
| **Choclo** | 70,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 83.201 | 135.456 | 196.292 | 243.273 | 293.841 | 269.577 | 176.740 | 1.398.381 |
| **Zanahoria** | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Betarraga** | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Haba** | 0,1 | 0 | 0 | 0 | 104 | 186 | 292 | 365 | 429 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.376 |
| **Maíz (grano)** | 115,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 135.065 | 219.842 | 318.690 | 394.931 | 477.054 | 437.723 | 286.855 | 2.270.161 |
| **Alfalfa** | 265,9 | 805.160 | 674.867 | 472.513 | 412.685 | 483.149 | 628.333 | 825.369 | 1.013.630 | 1.116.535 | 1.227.417 | 1.126.374 | 1.033.839 | 9.819.871 |
| **Otros Cultivos** | 2,6 | 0 | 1.527 | 2.021 | 0 | 0 | 1.496 | 3.217 | 0 | 0 | 2.815 | 4.608 | 0 | 15.684 |
| **TOTAL (m³/mes)** | 454,3 | 805.160 | 676.394 | 474.534 | 412.789 | 483.335 | 848.388 | 1.184.249 | 1.529.041 | 1.754.739 | 2.001.127 | 1.838.281 | 1.497.435 | 13.505.473 |
| **TOTAL (L/s)** | | 311 | 253 | 183 | 154 | 180 | 327 | 442 | 590 | 655 | 747 | 760 | 559 | - |
| **Tasa de Riego Ponderada (m³/ha/mes)** | | 1.772,3 | 1.488,9 | 1.044,5 | 908,6 | 1.063,9 | 1.867,5 | 2.606,8 | 3.365,7 | 3.862,5 | 4.404,9 | 4.046,4 | 3.296,1 | 29.728,1 |
| **Sector Chiu Chiu** | | | | | | | | | | | | | | |
| **Choclo** | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Zanahoria** | 134,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 288.022 | 365.374 | 437.884 | 503.264 | 513.354 | 453.220 | 0 | 2.561.118 |
| **Betarraga** | 3,7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.066 | 7.956 | 10.365 | 12.796 | 13.055 | 11.387 | 0 | 60.624 |
| **Haba** | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Maíz (grano)** | 15,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18.353 | 27.202 | 36.925 | 43.698 | 51.454 | 47.834 | 33.054 | 258.520 |
| **Alfalfa** | 40,0 | 116.311 | 105.909 | 82.022 | 74.420 | 82.542 | 99.347 | 120.152 | 138.157 | 145.519 | 155.922 | 144.959 | 140.158 | 1.405.418 |
| **Otros Cultivos** | 9,4 | 0 | 10.926 | 15.827 | 0 | 0 | 10.757 | 21.027 | 0 | 0 | 15.930 | 26.612 | 0 | 101.080 |
| **TOTAL (m³/mes)** | 203,2 | 116.311 | 116.835 | 97.849 | 74.420 | 82.542 | 421.544 | 541.712 | 623.331 | 705.277 | 749.715 | 684.013 | 173.212 | 4.386.761 |
| **TOTAL (L/s)** | | 45 | 44 | 38 | 28 | 31 | 163 | 202 | 240 | 263 | 280 | 283 | 65 | - |
| **Tasa de Riego Ponderada (m³/ha/mes)** | | 572,3 | 574,9 | 481,5 | 366,2 | 406,2 | 2.074,3 | 2.665,6 | 3.067,3 | 3.470,5 | 3.689,2 | 3.365,9 | 852,3 | 21.586,3 |
| **Sector Caspana** | | | | | | | | | | | | | | |
| **Choclo** | 10,9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.596 | 15.224 | 20.123 | 23.048 | 26.376 | 24.892 | 17.373 | 137.634 |
| **Zanahoria** | 0,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 436 | 538 | 627 | 698 | 691 | 619 | 0 | 3.609 |
| **Betarraga** | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Haba** | 5,7 | 0 | 0 | 0 | 5.735 | 9.463 | 13.724 | 15.370 | 16.420 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60.713 |
| **Maíz (grano)** | 10,8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13.189 | 18.951 | 25.048 | 28.680 | 32.831 | 30.994 | 21.621 | 171.314 |
| **Alfalfa** | 61,8 | 152.437 | 142.921 | 110.605 | 100.533 | 111.841 | 134.518 | 158.184 | 176.906 | 180.428 | 187.658 | 177.153 | 174.435 | 1.807.619 |
| **Otros Cultivos** | 12,2 | 0 | 11.521 | 16.662 | 0 | 0 | 11.388 | 21.669 | 0 | 0 | 14.487 | 25.388 | 0 | 101.115 |
| **TOTAL (m³/mes)** | 101,6 | 152.437 | 154.443 | 127.267 | 106.268 | 121.304 | 183.851 | 229.936 | 239.124 | 232.855 | 262.044 | 259.047 | 213.429 | 2.282.004 |
| **TOTAL (L/s)** | | 59 | 58 | 49 | 40 | 45 | 71 | 86 | 92 | 87 | 98 | 107 | 80 | - |
| **Tasa de Riego Ponderada (m³/ha/mes)** | | 1.499,9 | 1.519,7 | 1.252,3 | 1.045,6 | 1.193,6 | 1.809,0 | 2.262,5 | 2.352,9 | 2.291,2 | 2.578,4 | 2.548,9 | 2.100,1 | 22.454,0 |

Fuente: Elaboración propia.

## CUADRO 7.7.5-2
## DEMANDA BRUTA ACTUAL (m³/mes) Y
## TASA DE RIEGO PONDERADA (m³/ha/mes)

| Demandas Brutas (m³/mes) | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Sector** | **Sup (ha)** | **Abr** | **May** | **Jun** | **Jul** | **Ago** | **Sep** | **Oct** | **Nov** | **Dic** | **Ene** | **Feb** | **Mar** | **TOTAL** |
| **Calama** | 454,3 | 805.160 | 676.394 | 474.534 | 412.789 | 483.335 | 848.388 | 1.184.249 | 1.529.041 | 1.754.739 | 2.001.127 | 1.838.281 | 1.497.435 | 13.505.473 |
| **Chiu Chiu** | 203,2 | 116.311 | 116.835 | 97.849 | 74.420 | 82.542 | 421.544 | 541.712 | 623.331 | 705.277 | 749.715 | 684.013 | 173.212 | 4.386.761 |
| **Caspana** | 101,6 | 152.437 | 154.443 | 127.267 | 106.268 | 121.304 | 183.851 | 229.936 | 239.124 | 232.855 | 262.044 | 259.047 | 213.429 | 2.282.004 |
| **Total** | 759,1 | 1.073.909 | 947.672 | 699.650 | 593.477 | 687.181 | 1.453.784 | 1.955.897 | 2.391.496 | 2.692.870 | 3.012.886 | 2.781.341 | 1.884.076 | 20.174.238 |
| **Tasa de Riego Ponderada (m³/ha/mes)** | | | | | | | | | | | | | | |
| **Sector** | **Sup (ha)** | **Abr** | **May** | **Jun** | **Jul** | **Ago** | **Sep** | **Oct** | **Nov** | **Dic** | **Ene** | **Feb** | **Mar** | **TOTAL** |
| **Calama** | 454,3 | 1.772,3 | 1.488,9 | 1.044,5 | 908,6 | 1.063,9 | 1.867,5 | 2.606,8 | 3.365,7 | 3.862,5 | 4.404,9 | 4.046,4 | 3.296,1 | 29.728,1 |
| **Chiu Chiu** | 203,2 | 572,3 | 574,9 | 481,5 | 366,2 | 406,2 | 2.074,3 | 2.665,6 | 3.067,3 | 3.470,5 | 3.689,2 | 3.365,9 | 852,3 | 21.586,3 |
| **Caspana** | 101,6 | 1.499,9 | 1.519,7 | 1.252,3 | 1.045,6 | 1.193,6 | 1.809,0 | 2.262,5 | 2.352,9 | 2.291,2 | 2.578,4 | 2.548,9 | 2.100,1 | 22.454,0 |

Fuente: Elaboración propia.

### 7.7.6. Requerimientos de Lixiviación y Demanda Bruta Final

La lixiviación es un proceso ampliamente utilizado para aliviar o prevenir el estrés salino en cultivos hortícolas. En especial en aquellos casos que el agua de riego contiene cantidades apreciables de sales. Para lo cual el proceso de lixiviación se encarga de mantener estas sales en movimiento, desplazándolas de la zona de desarrollo de raíces o rizósfera de las plantas hasta zonas más profundas del terreno.

El manejo de sales en los cultivos está condicionado por el tipo de sales, factores del suelo, cantidad y calidad de aguas, las lluvias, la especie y variedad de cultivo y la época del año.

Tal como lo indica el Irrigation and DrainagePaper 29 Rev. 1 de FAO, denominado "WaterQualityforAgriculture" (1985), la calidad del agua de riego influencia directamente la cantidad de agua a aplicar para efectuar el lavado de sales, siendo necesarias, mayores aplicaciones a medida que los niveles de sales en el agua de riego sea mayor. En este sentido, la Lámina de Agua (LA) se define como la cantidad de agua necesaria a aplicar para movilizar las sales fuera de la rizósfera de las plantas, siendo igual o superior a los requerimientos potenciales de los cultivos, para que se produzca un efecto de dilución de las sales sin disminuir los rendimientos.

En condiciones de riego localizado (goteo), la lixiviación se puede llevar a cabo mediante la aplicación de una mayor cantidad de agua que la requerida por el cultivo durante su desarrollo; esto provoca que se mueva el total o al menos una parte de las sales por debajo de la zona radical. Es importante considerar que en caso de que las aguas de riego posean concentraciones de sales importantes; la cantidad de sales removidas por lixiviación, debes ser igual o superior a las aportadas por la misma agua de riego, porque de lo contrario se acumulan y comienzan a ser perjudiciales para los cultivos.

Es así, que conociendo las condiciones de salinidad del agua de riego y de la tolerancia a la salinidad de parte de los cultivos hortofrutícolas, se pueden calcular los requerimientos de lixiviación y además considerando los requerimientos de riego potenciales de cada cultivo, es posible determinar las cantidades de agua extra que se debe aplicar para efectuar un lavado de sales efectivo, cumpliendo a su vez con las tasasde riego de la planta.

Dado lo anterior, para el estudio de los requerimientos de lixiviación para los diferentes cultivos existentes se debe contemplar la tolerancia de los cultivos a la salinidad del agua (ECa) de riego y el suelo (ECx), en este último caso medida en el extracto de saturación del mismo. Esta combinación de factores repercute en el rendimiento de producción de los cultivos, tal como se presenta en el Cuadro 7.7.6-1, el cual muestra datos de referencia diseñados por la FAO, en términos del porcentaje del rendimiento potencial que se alcanza.

En relación con lo anterior, al momento de realizar el presente informe se disponen de datos de salinidad del agua para toda el área de estudio. En el caso del suelo actualmente se poseen datos para el sector de Calama. Por ello se trabajará con datos reales de conductividad y no con los valores de referencia de FAOpara evaluar el potencial de rendimiento de los cultivos.

**CUADRO 7.7.6-1**
**TOLERANCIA DE LOS CULTIVOS Y POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE DETERMINADOS CULTIVOS POR INFLUENCIA DE LA SALINIDAD DEL AGUA DE RIEGO (ECA) O EL SUELO (ECX)**

| CULTIVO | 100% | | 90% | | 75% | | 50% | | 0% | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ECx | ECa | ECx | ECa | ECx | ECa | ECx | ECa | ECx | ECa |
| **Choclo (*)** | 11,90 | 7,70 | 17,50 | 11,90 | 26,60 | 17,50 | 41,30 | 27,30 | 70,00 | 46,90 |
| **Zanahoria (*)** | 3,00 | 2,10 | 5,10 | 3,30 | 8,40 | 5,70 | 13,80 | 9,00 | 24,30 | 16,20 |
| **Betarraga** | 4,00 | 2,70 | 5,10 | 3,40 | 6,80 | 4,50 | 9,60 | 6,40 | 15,00 | 10,00 |
| **Haba (*)** | 2,25 | 1,65 | 3,90 | 2,70 | 6,30 | 3,00 | 10,20 | 6,75 | 18,00 | 12,00 |
| **Maíz (grano) (*)** | 11,90 | 7,70 | 17,50 | 11,90 | 26,60 | 17,50 | 41,30 | 27,30 | 70,00 | 46,90 |
| **Alfalfa (*)** | 5,00 | 3,25 | 8,50 | 5,50 | 13,50 | 9,00 | 22,00 | 14,75 | 40,00 | 25,00 |
| **Otros Cultivos** | 1,30 | 0,90 | 2,10 | 1,40 | 3,20 | 2,10 | 5,10 | 3,40 | 9,00 | 6,00 |

(*) Valores ajustados para especies locales más adaptadas a salinidad.

Fuente:FAO (1985).

Según el mismo informe de FAO, para situaciones de riego regular no intensivo se puede calcular la fracción de requerimiento de lixiviación a partir de la siguiente ecuación:

$$RL = \frac{\mathrm{ECa}}{2\mathrm{ECx}}$$

En donde:

$RL$= Fracción de Requerimiento de Lixiviación

$\mathrm{ECa}$ = Salinidad agua de Riego en ds/m

$\mathrm{ECx}$= Salinidad tolerable por el cultivo en el suelo ds/m

Tal como se dijo anteriormente, la salinidad del agua de riego y el suelo, en términos de la conductividad eléctrica (ECa y ECx, respectivamente), se ha obtenido del promedio de los resultados de los muestreos en terreno. Los resultados de este cálculo se presentan en el Cuadro 7.7.6-2.

**CUADRO 7.7.6-2**
**FRACCIÓN DE REQUERIMIENTO DE LIXIVIACIÓN CULTIVOS**
**SITUACIÓN ACTUAL**

| CULTIVO | Calama | | | Chiu Chiu | | | Caspana | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ECa (dS/m) | ECx (dS/m) | RL | ECa (dS/m) | ECx (dS/m) | RL | ECa (dS/m) | ECx (dS/m) | RL |
| **Choclo** | 8,72 | 5,50 | 0,46 | 2,96 | 11,91 | 0,05 | 5,79 | 11,91 | 0,11 |
| **Zanahoria** | 8,72 | 5,50 | 0,46 | 2,96 | 4,44 | 0,15 | 5,79 | 8,71 | 0,15 |
| **Betarraga** | 8,72 | 5,50 | 0,46 | 2,96 | 4,44 | 0,15 | 5,79 | 8,69 | 0,15 |
| **Haba** | 8,72 | 5,50 | 0,46 | 2,96 | 4,82 | 0,14 | 5,79 | 8,97 | 0,15 |
| **Maíz (grano)** | 8,72 | 5,50 | 0,46 | 2,96 | 11,91 | 0,05 | 5,79 | 11,91 | 0,11 |
| **Alfalfa** | 8,72 | 5,50 | 0,46 | 2,96 | 4,87 | 0,14 | 5,79 | 8,65 | 0,15 |
| **Otros Cultivos** | 8,72 | 5,50 | 0,46 | 2,96 | 4,44 | 0,15 | 5,79 | 8,70 | 0,15 |

Fuente:Elaboración propia a partir de FAO (1985).

Finalmente, para obtener la lámina de agua por hectárea necesaria para realizar una lixiviación de las sales apropiada para llevar a cabo la agricultura existente actualmente se obtiene a partir de la evapotranspiración real de los cultivos con la siguiente ecuación:

$$LA = \frac{\mathrm{ETc}}{1 - \mathrm{RL}}$$

En donde:

$\mathrm{LA}$ = Lámina de agua de lixiviación en mm/mes

$\mathrm{ETc}$ = Evapotranspiración Real del Cultivo en mm/mes

La lámina de agua de lixiviación requerida se presenta en el Cuadro 7.7.6-3. Además, el volumen expandido para el área de estudio se encuentra disponible en el Cuadros 7.7.6-4.

**CUADRO 7.7.6-3**
**LÁMINA DE AGUA REQUERIDA PARA LIXIVIACIÓN SECTOR CALAMA (mm/mes)**

| CULTIVO | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Sector Calama** | | | | | | | | | | | | | |
| Choclo | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 75,6 | 120,0 | 173,9 | 215,5 | 260,3 | 238,8 | 156,6 | 1.240,7 |
| Zanahoria | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 118,9 | 161,6 | 206,8 | 248,5 | 260,3 | 226,9 | 0,0 | 1.223,0 |
| Betarraga | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 74,3 | 125,0 | 173,9 | 225,0 | 235,7 | 203,0 | 0,0 | 1.036,9 |
| Haba | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 69,0 | 100,6 | 148,5 | 183,2 | 215,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 716,4 |
| Maíz (grano) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 75,6 | 120,0 | 173,9 | 215,5 | 260,3 | 238,8 | 156,6 | 1.240,7 |
| Alfalfa | 170,7 | 145,0 | 111,4 | 104,3 | 109,9 | 135,1 | 175,0 | 215,0 | 236,8 | 260,3 | 238,8 | 219,3 | 2.121,6 |
| Otros Cultivos | 0,0 | 73,1 | 105,4 | 0,0 | 0,0 | 71,7 | 150,0 | 0,0 | 0,0 | 131,4 | 215,0 | 0,0 | 746,6 |
| **Sector Chiu Chiu** | | | | | | | | | | | | | |
| Choclo | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 44,0 | 65,2 | 88,5 | 104,8 | 124,4 | 115,8 | 79,2 | 621,9 |
| Zanahoria | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 77,5 | 98,3 | 117,8 | 135,5 | 139,4 | 123,2 | 0,0 | 691,7 |
| Betarraga | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 48,5 | 76,1 | 99,2 | 122,5 | 126,1 | 110,2 | 0,0 | 582,6 |
| Haba | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 47,7 | 68,1 | 95,3 | 109,8 | 120,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 441,4 |
| Maíz (grano) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 44,0 | 65,2 | 88,5 | 104,8 | 124,4 | 115,8 | 79,2 | 621,9 |
| Alfalfa | 101,2 | 92,2 | 74,9 | 71,7 | 74,2 | 86,5 | 104,6 | 120,3 | 126,7 | 136,9 | 127,3 | 122,0 | 1.238,4 |
| Otros Cultivos | 0,0 | 47,4 | 72,2 | 0,0 | 0,0 | 46,7 | 91,2 | 0,0 | 0,0 | 70,3 | 116,6 | 0,0 | 444,5 |
| **Sector Caspana** | | | | | | | | | | | | | |
| Choclo | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 41,0 | 59,0 | 77,9 | 90,3 | 106,6 | 99,7 | 69,5 | 544,0 |
| Zanahoria | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 67,9 | 83,8 | 97,6 | 109,9 | 112,3 | 99,9 | 0,0 | 571,4 |
| Betarraga | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 42,4 | 64,8 | 82,1 | 99,5 | 101,8 | 89,5 | 0,0 | 480,0 |
| Haba | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 43,4 | 61,6 | 84,3 | 94,4 | 100,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 384,7 |
| Maíz (grano) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 41,0 | 59,0 | 77,9 | 90,3 | 106,6 | 99,7 | 69,5 | 544,0 |
| Alfalfa | 87,5 | 82,1 | 68,3 | 66,0 | 67,8 | 77,2 | 90,8 | 101,6 | 104,8 | 112,5 | 105,3 | 102,6 | 1.066,5 |
| Otros Cultivos | 0,0 | 41,4 | 64,5 | 0,0 | 0,0 | 40,9 | 77,7 | 0,0 | 0,0 | 56,7 | 94,6 | 0,0 | 375,8 |

Fuente:Elaboración propia a partir de FAO (1985).

Finalmente, los Cuadro 7.7.6-5 a 7.7.6-6 muestra la demanda bruta final necesaria en Situación Actual, que corresponde a la demanda bruta más los requerimientos de lixiviación. Como conclusión se desprende que la demanda bruta final total actual es de 20,17 hm³ al año.

Es importante destacar que el valor obtenido no considera pérdidas en el sistema de conducción extrapredial ni la reutilización de las aguas. Estos valores sí se contemplan en el modelo de operación del sistema de riego sin y con proyecto. El objetivo general de dicho modelo es representar los balances de agua a nivel mensual en cada uno de los sectores agrícolas del sistema de riego y evaluar el impacto del proyecto de mejoramiento planteado, en indicadores globales como la seguridad de riego. También incluye el análisis entre oferta y demanda de agua para riego.

## CUADRO 7.7.6-4
## VOLUMEN DE LIXIVIACIÓN ACTUAL (m³/mes) Y TASA PONDERADA (m³/ha/mes)

| CULTIVO | Sup (ha) | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Sector Calama** | | | | | | | | | | | | | | |
| Choclo | 70,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 53.150 | 84.384 | 122.312 | 151.577 | 183.074 | 167.982 | 110.107 | **872.585** |
| Zanahoria | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| Betarraga | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| Haba | 0,1 | 0 | 0 | 0 | 77 | 112 | 166 | 205 | 240 | 0 | 0 | 0 | 0 | **800** |
| Maíz (grano) | 115,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 87.167 | 138.391 | 200.591 | 248.586 | 300.241 | 275.490 | 180.575 | **1.431.040** |
| Alfalfa | 265,9 | 454.000 | 385.528 | 296.216 | 277.362 | 292.247 | 359.230 | 465.412 | 571.593 | 629.646 | 692.164 | 635.103 | 583.005 | **5.641.505** |
| Otros Cultivos | 2,6 | 0 | 1.910 | 2.753 | 0 | 0 | 1.871 | 3.917 | 0 | 0 | 3.430 | 5.613 | 0 | **19.493** |
| **TOTAL (m³/mes)** | | **454.000** | **387.437** | **298.969** | **277.439** | **292.359** | **501.584** | **692.308** | **894.736** | **1.029.809** | **1.178.908** | **1.084.187** | **873.687** | **7.965.423** |
| **TOTAL (L/s)** | **454,3** | **175** | **145** | **115** | **104** | **109** | **194** | **258** | **345** | **384** | **440** | **448** | **326** | **-** |
| **Volumen Ponderado (m³/ha/mes)** | | **999,3** | **852,8** | **658,1** | **610,7** | **643,5** | **1.104,1** | **1.523,9** | **1.969,5** | **2.266,8** | **2.595,0** | **2.386,5** | **1.923,1** | **17.533,4** |
| **Sector Chiu Chiu** | | | | | | | | | | | | | | |
| Choclo | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| Zanahoria | 134,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 104.313 | 132.299 | 158.536 | 182.229 | 187.476 | 165.692 | 0 | **930.544** |
| Betarraga | 3,7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.796 | 2.821 | 3.675 | 4.538 | 4.674 | 4.083 | 0 | **21.588** |
| Haba | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| Maíz (grano) | 15,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6.867 | 10.177 | 13.816 | 16.353 | 19.416 | 18.065 | 12.367 | **97.061** |
| Alfalfa | 40,0 | 40.502 | 36.879 | 29.959 | 28.704 | 29.680 | 34.603 | 41.849 | 48.119 | 50.674 | 54.761 | 50.953 | 48.816 | **495.500** |
| Otros Cultivos | 9,4 | 0 | 4.441 | 6.766 | 0 | 0 | 4.374 | 8.549 | 0 | 0 | 6.589 | 10.930 | 0 | **41.650** |
| **TOTAL (m³/mes)** | | **40.502** | **41.320** | **36.725** | **28.704** | **29.680** | **151.953** | **195.695** | **224.147** | **253.794** | **272.917** | **249.722** | **61.183** | **1.586.343** |
| **TOTAL (L/s)** | **203,2** | **16** | **15** | **14** | **11** | **11** | **59** | **73** | **86** | **95** | **102** | **103** | **23** | **-** |
| **Volumen Ponderado (m³/ha/mes)** | | **199,3** | **203,3** | **180,7** | **141,2** | **146,0** | **747,7** | **963,0** | **1.103,0** | **1.248,9** | **1.343,0** | **1.228,8** | **301,1** | **7.806,0** |
| **Sector Caspana** | | | | | | | | | | | | | | |
| Choclo | 10,9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.476 | 6.433 | 8.500 | 9.858 | 11.631 | 10.885 | 7.583 | **59.366** |
| Zanahoria | 0,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 155 | 191 | 222 | 250 | 256 | 227 | 0 | **1.300** |
| Betarraga | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| Haba | 5,7 | 0 | 0 | 0 | 2.492 | 3.536 | 4.835 | 5.414 | 5.785 | 0 | 0 | 0 | 0 | **22.062** |
| Maíz (grano) | 10,8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.434 | 6.373 | 8.420 | 9.765 | 11.522 | 10.783 | 7.512 | **58.809** |
| Alfalfa | 61,8 | 54.087 | 50.725 | 42.173 | 40.784 | 41.881 | 47.728 | 56.133 | 62.785 | 64.758 | 69.509 | 65.051 | 63.369 | **658.984** |
| Otros Cultivos | 12,2 | 0 | 5.026 | 7.840 | 0 | 0 | 4.968 | 9.448 | 0 | 0 | 6.893 | 11.502 | 0 | **45.677** |
| **TOTAL (m³/mes)** | | **54.087** | **55.751** | **50.013** | **43.276** | **45.416** | **66.597** | **83.993** | **85.712** | **84.631** | **99.810** | **98.448** | **78.464** | **846.198** |
| **TOTAL (L/s)** | **101,6** | **21** | **21** | **19** | **16** | **17** | **26** | **31** | **33** | **32** | **37** | **41** | **29** | **-** |
| **Volumen Ponderado (m³/ha/mes)** | | **532,2** | **548,6** | **492,1** | **425,8** | **446,9** | **655,3** | **826,5** | **843,4** | **832,7** | **982,1** | **968,7** | **772,1** | **8.326,3** |

Fuente:Elaboración propia a partir de FAO (1985).

## CUADRO 7.7.6-5
## DEMANDA BRUTA FINAL ACTUAL (m³/mes) Y TASA DE RIEGO PONDERADA FINAL (m³/ha/mes)SECTOR CALAMA

| CULTIVO | Sup (ha) | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Sector Calama** | | | | | | | | | | | | | | |
| Choclo | 70,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 136.351 | 219.841 | 318.604 | 394.850 | 476.914 | 437.558 | 286.847 | **2.270.966** |
| Zanahoria | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| Betarraga | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| Haba | 0,1 | 0 | 0 | 0 | 181 | 298 | 458 | 570 | 669 | 0 | 0 | 0 | 0 | **2.176** |
| Maíz (grano) | 115,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 222.232 | 358.232 | 519.281 | 643.517 | 777.295 | 713.212 | 467.430 | **3.701.200** |
| Alfalfa | 265,9 | 1.259.160 | 1.060.395 | 768.729 | 690.046 | 775.396 | 987.564 | 1.290.781 | 1.585.223 | 1.746.181 | 1.919.581 | 1.761.477 | 1.616.844 | **15.461.376** |
| Otros Cultivos | 2,6 | 0 | 3.437 | 4.774 | 0 | 0 | 3.367 | 7.134 | 0 | 0 | 6.244 | 10.221 | 0 | **35.177** |
| **TOTAL (m³/mes)** | **454,3** | **1.259.160** | **1.063.832** | **773.503** | **690.227** | **775.694** | **1.349.973** | **1.876.558** | **2.423.776** | **2.784.548** | **3.180.035** | **2.922.469** | **2.371.121** | **21.470.896** |
| **TOTAL (L/s)** | | **486** | **397** | **298** | **258** | **290** | **521** | **701** | **935** | **1.040** | **1.187** | **1.208** | **885** | **-** |
| **Tasa de Riego Ponderada (m³/ha/mes)** | | **2.771,6** | **2.341,7** | **1.702,6** | **1.519,3** | **1.707,4** | **2.971,5** | **4.130,7** | **5.335,2** | **6.129,3** | **6.999,9** | **6.432,9** | **5.219,3** | **47.261,5** |
| **Sector Chiu Chiu** | | | | | | | | | | | | | | |
| Choclo | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| Zanahoria | 134,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 392.334 | 497.673 | 596.420 | 685.493 | 700.830 | 618.912 | 0 | **3.491.662** |
| Betarraga | 3,7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6.862 | 10.777 | 14.040 | 17.334 | 17.729 | 15.470 | 0 | **82.212** |
| Haba | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| Maíz (grano) | 15,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25.220 | 37.379 | 50.741 | 60.051 | 70.870 | 65.899 | 45.422 | **355.582** |
| Alfalfa | 40,0 | 156.813 | 142.788 | 111.981 | 103.125 | 112.222 | 133.950 | 162.001 | 186.277 | 196.193 | 210.683 | 195.912 | 188.974 | **1.900.919** |
| Otros Cultivos | 9,4 | 0 | 15.367 | 22.593 | 0 | 0 | 15.132 | 29.577 | 0 | 0 | 22.519 | 37.542 | 0 | **142.729** |
| **TOTAL (m³/mes)** | **203,2** | **156.813** | **158.154** | **134.574** | **103.125** | **112.222** | **573.498** | **737.407** | **847.478** | **959.071** | **1.022.631** | **933.735** | **234.396** | **5.973.104** |
| **TOTAL (L/s)** | | **60** | **59** | **52** | **39** | **42** | **221** | **275** | **327** | **358** | **382** | **386** | **88** | **-** |
| **Tasa de Riego Ponderada (m³/ha/mes)** | | **771,6** | **778,2** | **662,2** | **507,5** | **552,2** | **2.822,1** | **3.628,6** | **4.170,2** | **4.719,4** | **5.032,1** | **4.594,7** | **1.153,4** | **29.392,3** |
| **Sector Caspana** | | | | | | | | | | | | | | |
| Choclo | 10,9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15.073 | 21.657 | 28.624 | 32.906 | 38.008 | 35.777 | 24.956 | **197.000** |
| Zanahoria | 0,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 591 | 728 | 849 | 948 | 947 | 846 | 0 | **4.909** |
| Betarraga | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| Haba | 5,7 | 0 | 0 | 0 | 8.227 | 12.999 | 18.560 | 20.785 | 22.205 | 0 | 0 | 0 | 0 | **82.775** |
| Maíz (grano) | 10,8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17.623 | 25.324 | 33.468 | 38.445 | 44.353 | 41.777 | 29.133 | **230.123** |
| Alfalfa | 61,8 | 206.524 | 193.646 | 152.778 | 141.318 | 153.722 | 182.246 | 214.317 | 239.691 | 245.186 | 257.167 | 242.204 | 237.804 | **2.466.603** |
| Otros Cultivos | 12,2 | 0 | 16.547 | 24.502 | 0 | 0 | 16.356 | 31.118 | 0 | 0 | 21.379 | 36.890 | 0 | **146.792** |
| **TOTAL (m³/mes)** | **101,6** | **206.524** | **210.193** | **177.281** | **149.545** | **166.720** | **250.448** | **313.928** | **324.836** | **317.486** | **361.854** | **357.494** | **291.893** | **3.128.202** |
| **TOTAL (L/s)** | | **80** | **78** | **68** | **56** | **62** | **97** | **117** | **125** | **119** | **135** | **148** | **109** | **-** |
| **Tasa de Riego Ponderada (m³/ha/mes)** | | **2.032,1** | **2.068,2** | **1.744,4** | **1.471,5** | **1.640,5** | **2.464,3** | **3.088,9** | **3.196,3** | **3.123,9** | **3.560,5** | **3.517,6** | **2.872,1** | **30.780,3** |

Fuente:Elaboración propia a partir de FAO (1985).

## CUADRO 7.7.6-6
## RESUMEN DEMANDA BRUTA FINAL ACTUAL (m³/mes) Y TASA DE RIEGO PONDERADA FINAL (m³/ha/mes)

| Demandas Brutas + Lixiviación (m³/mes) | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Sector** | **Sup (ha)** | **Abr** | **May** | **Jun** | **Jul** | **Ago** | **Sep** | **Oct** | **Nov** | **Dic** | **Ene** | **Feb** | **Mar** | **TOTAL** |
| Calama | 454,3 | 1.259.160 | 1.063.832 | 773.503 | 690.227 | 775.694 | 1.349.973 | 1.876.558 | 2.423.776 | 2.784.548 | 3.180.035 | 2.922.469 | 2.371.121 | **21.470.896** |
| Chiu Chiu | 203,2 | 156.813 | 158.154 | 134.574 | 103.125 | 112.222 | 573.498 | 737.407 | 847.478 | 959.071 | 1.022.631 | 933.735 | 234.396 | **5.973.104** |
| Caspana | 101,6 | 206.524 | 210.193 | 177.281 | 149.545 | 166.720 | 250.448 | 313.928 | 324.836 | 317.486 | 361.854 | 357.494 | 291.893 | **3.128.202** |
| **Total** | **759,1** | **1.622.498** | **1.432.179** | **1.085.357** | **942.896** | **1.054.637** | **2.173.919** | **2.927.894** | **3.596.091** | **4.061.104** | **4.564.520** | **4.213.698** | **2.897.410** | **30.572.202** |
| **Tasa de Riego Ponderada Dda + Lixiviación (m³/ha/mes)** | | | | | | | | | | | | | | |
| **Sector** | **Sup (ha)** | **Abr** | **May** | **Jun** | **Jul** | **Ago** | **Sep** | **Oct** | **Nov** | **Dic** | **Ene** | **Feb** | **Mar** | **TOTAL** |
| Calama | 454,3 | 2.771,6 | 2.341,7 | 1.702,6 | 1.519,3 | 1.707,4 | 2.971,5 | 4.130,7 | 5.335,2 | 6.129,3 | 6.999,9 | 6.432,9 | 5.219,3 | **47.261,5** |
| Chiu Chiu | 203,2 | 771,6 | 778,2 | 662,2 | 507,5 | 552,2 | 2.822,1 | 3.628,6 | 4.170,2 | 4.719,4 | 5.032,1 | 4.594,7 | 1.153,4 | **29.392,3** |
| Caspana | 101,6 | 2.032,1 | 2.068,2 | 1.744,4 | 1.471,5 | 1.640,5 | 2.464,3 | 3.088,9 | 3.196,3 | 3.123,9 | 3.560,5 | 3.517,6 | 2.872,1 | **30.780,3** |

Fuente:Elaboración propia a partir de FAO (1985).

## 7.8. Entrevistas de Caracterización

El presente estudio no dispone de encuestas con un enfoque agroproductivo específico, ni de estudios de caso que permitan, estadísticamente y en detalle, caracterizar la Situación Actual Agropecuaria del área de estudio, esto, en circunstancias de los acuerdos alcanzados con dirigentes de asociaciones de regantes y de comunidades indígenas, quienes limitaron el acceso a levantar este tipo de información.

En este contexto y en acuerdo con lo indicado por la CNR, se realizó la Caracterización Productiva y Económica (y los productos que se generan a partir de estas), en base a dos campañas de entrevistas agroproductivas generales, realizadas por profesionales en terreno, enfocada a diversos actores locales del ámbito agroproductivo. Desde dirigentes de organizaciones de regantes y de comunidades indígenas, hasta representantes y funcionarios de instituciones estatales y privadas ligadas al desarrollo agropecuario, quienes aportaron antecedentes de caracterización actuales y vigentes. Esto, además de la utilización de los antecedentes secundarios existentes recopilados ya descritos.

De esta forma se procedió al diseño e implementación de una pauta de entrevista agroproductiva para dirigentes y representantes de regantes y comunidades indígenas y otra enfocada a representantes de instituciones asociadas al desarrollo agropecuario. En el Anexo 7-2 se presentan las mencionadas pautas de entrevista.

Las entrevistas, dentro del objetivo general de caracterizar agroproductivamente el área de estudio, buscan determinar características generales de la agricultura y sus principales problemáticas en un sector determinado. Esto es, información en cuanto al tamaño de sus predios, la superficie de riego, los cultivos principales, nivel tecnológico promedio, métodos de riego utilizados, objetivo de la producción, comercialización de productos y precios, principales problemáticas que restringen el desarrollo agrícola, referencia de lo que consideran posibles soluciones, caracterización general de los recursos hídricos y de suelo, funcionamiento y relación con los mecanismos de apoyo a la agricultura, experiencias en innovación y potencialidades y expectativas de desarrollo de la agricultura local.

Así mismo se recopiló referencias de información productiva general y de manejo, precios de comercialización de productos, lugares de venta, algunos costos asociados a la producción, fechas de labores, etc. Los antecedentes primarios recopilados, junto con antecedentes secundarios, permiten estructurar fichas de cultivo y el análisis económico asociado.

De esta manera se entrevistaron 28 personas, entre representantes de instituciones, representante de comunidades de regantes y de comunidades indígenas, agricultores representativos y conocedores de la realidad actual del rubro, etc. Abarcando una completa representación de la situación actual de la agricultura de todos los sectores de riego del área de

estudio donde fue posible desarrollar entrevistas (Calama, Chiu Chiu-Lasana y Ayquina-Turi-Paniri). Se presenta en el Cuadro 7.8-1, el listado de entrevistados.

**CUADRO 7.8-1**
**LISTADO DE ENTREVISTADOS**
**CARACTERIZACIÓN PRODUCTIVA Y ECONÓMICA**

| N° | Entrevistado | Institución/Sector Agrícola | Cargo |
|---|---|---|---|
| 1 | Esteban Araya | ASAC | Presidente |
| 2 | Von Castro | ASAC - Canal Berna | Dirigente |
| 3 | Carolina Morales | INDAP | Encargada de Riego y Medioambiente |
| 4 | Claudio Silva | SAG | Agrónomo Inspector |
| 5 | Jaime Mora | PDTI | Consultor |
| 6 | Yolanda Aguilar | Prodesal - PDTI | Ex Funcionaria |
| 7 | Henry Rojas | Fundación Chile - Lomas Bayas | Profesional de Proyecto |
| 8 | Abdón Gómez | Comunidad regantes Chiu Chiu | Presidente comunidad |
| 9 | Hernaldo Ferrer | Comunidad Atacameña Lasana | Presidente |
| 10 | Omar Barboza | Comunidad Atacameña Sector Chunchuri | Presidente |
| 11 | René Morales | Canal Tambores | Presidente canal |
| 12 | Franco Centella | Canal Coco Villa | Celador canal |
| 13 | Waldo Maya | Canal Tronco | Presidente canal |
| 14 | Ernesto Cruz | Canal Chañar | Presidente canal |
| 15 | Leonardo Cruz | Canal Topater | Presidente canal |
| 16 | Claudio Gómez | Canal Dupont | Presidente canal |
| 17 | Juan Caliguana | Canal Chunchuri Bajo | Director Canal Chunchuri Bajo |
| 18 | Sergio Cruz | Canal Lay Lay | Presidente canal |
| 19 | Rubén Bustamante | Canal Coco Villa | Presidente canal |
| 20 | Noemí Cuevas | - | Regante con aguas tratadas |
| 21 | Gabriela Yere | - | Regante de Lasana |
| 22 | Ricardo Cruz | Comunidad Atacameña Ayquina-Turi-Paniri | Presidente |
| 23 | Fernando Saire | Canal La Banda de Chiu Chiu | Presidente |
| 24 | Richard Colke | Canal El Grande de Chiu Chiu | Secretario |
| 25 | Lorenza Pérez | Canal Los Perales de Lasana | Regante |
| 26 | Abelardo Mondaca | Canal Quilchire de Lasana | Presidente |
| 27 | Adriana Berna | Localidad Paniri | Regante y Habitante |
| 28 | Daniel Yere | Comunidad Atacameña Ayquina-Turi-Paniri | Vice-presidente |

Fuente: Elaboración propia.

La transcripción, clasificación y sistematización de la información recopilada en las entrevistas, se presenta íntegramente en el Anexo 7-3. De esta forma y sometiendo esta información a un análisis crítico, relacionando y corroborando datos aportados en las distintas entrevistas con la información secundaria recopilada, se genera la base para estructurar la caracterización productiva y económica del área de estudio que a continuación es presentada.

## 7.9. Caracterización Productiva

### 7.9.1. Aspectos Generales

La presente caracterización se realiza considerando la sectorización planteada en el acápite de Uso de Suelos, la cual divide en área de estudio en tres sectores geográfica y productivamente distintos; representados por los distritos censales asociados a cada uno: Calama, Chiu Chiu y Caspana.

### 7.9.2. Sector de Calama

El Sector de Calama comprende por completo la superficie agrícola presente en la ciudad de Calama, la que es regada por el escaso remanente de las aguas del río Loa, unidas a las aguas del río Salado, las que proveen mayoritariamente del recurso hídrico para Calama y poseen un muy alto nivel de salinidad, intolerable por la mayor parte de los cultivos tradicionales.

Al respecto, el boletín de Calidad de Agua para la Agricultura N° 29 de FAO, dice que se da un problema de salinidad cuando la sal se acumula en la zona de la raíz del cultivo hasta una concentración que causa una pérdida de rendimiento, ya que el cultivo ya no es capaz de extraer suficiente agua de la solución salina del suelo, dando como resultado un estrés hídrico durante un período de tiempo significativo. Si la absorción de agua se reduce, la planta disminuye su velocidad de crecimiento. Los síntomas de la planta son similares en apariencia a los de la sequía, como el marchitamiento, o un color más oscuro, de color verde azulado y a veces más grueso. Los síntomas varían con la etapa de crecimiento, siendo más notable si las sales afectan a la planta durante las primeras etapas de crecimiento. En algunos casos, los efectos pueden pasar completamente inadvertidos debido a una reducción uniforme en crecimiento a través de un campo entero.

Al describir en forma general la Situación Actual Agropecuaria de este sector, la impresión recogida en terreno por el consultor destaca, en primera instancia, el carácter de autoconsumo y de bajo nivel tecnológico de la agricultura, inserta en un entorno muy desértico, seriamente limitada por calidad y disponibilidad de agua de riego y por calidad de suelos.

En general, la actividad agrícola se desarrolla en un entorno desértico, donde los mejores suelos son salinos y de clase IV y donde el suministro hídrico permite regar en promedio, con una frecuencia entre 15 a 25 días en pleno verano. La mencionada condición salina de las aguas hace imposible cultivar la mayor parte de los cultivos conocidos y el costo alternativo del suelo es cada vez mayor (presión inmobiliaria). Además, los intereses mineros sobre las aguas son constantes, produciendo históricamente masivas ventas de derechos de agua agrícolas a la minería. Surge así,según lo indicado en las entrevistas (Ver Anexo 7-2) respecto de propietarios que han vendido sus derechos y continúan regando en situación totalmente irregular.

La estructura de cultivos en este sector la componen básicamente la alfalfa, mayoritariamente ecotipo Alta Sierra, proveniente de Perú (Fotografía 7.9.2-1) en aproximadamente un 70% de la superficie regada y el maíz ecotipo Calameño o Morocho Blanco (Fotografía 7.9.2-2), el 30% restante, ambos cultivos adaptados por generaciones a las mencionadas condiciones de salinidad del agua. El objetivo de estos cultivos es básicamente el autoconsumo, con un porcentaje bajo de venta. El choclo se vende puesto en predio o se entrega en ferias y la alfalfa se vende en predio o entrega local o Pueblos aledaños como Chiu Chiu, San Pedro, Ayquina, etc.

**FOTOGRAFÍA 7.9.2-1**
**CULTIVO DE ALFALFA**

Fuente: Equipo Consultor.

El método de riego usado es por tendido, inundando eras de cultivo rodeadas por camellones de tierra para encerrar el agua (Fotografía 7.9.2-3). Es la forma de la que se vale el agricultor para lavar las sales del suelo, acumuladas por el riego. Estas se van acumulando en una capa salina depositada a los 30 cm de profundidad generalmente.

El tamaño de los predios varía por lo general entre 0,5 y 10 ha, pero la superficie cultivada por lo general no excede 1 ha en promedio, ya que la escasez de suministro no permite abarcar más.

Se da un círculo vicioso respecto del bajo nivel tecnológico de la agricultura en el área, dada las serias limitantes mencionadas en relación a la calidad de agua y suelo, las que restringen las alternativas de cultivo posibles de desarrollar y comercializar, originando así la baja rentabilidad del rubro. Producto de esto, no hay suministros comerciales de insumos agrícolas en Calama, siendo necesario encargarlos a Arica o a La Serena. Por esta razón, gran parte de los agricultores mantienen la actividad a pesar de las serias restricciones, únicamente

en un afán de preservar la tradición ancestral de trabajar la tierra, pero que en la práctica y en términos económicos, representa solamente un hobby, según lo expresaron textualmente varios entrevistados. De esta forma, son muy escasas las familias que subsisten de la agricultura. La mayor parte de la gente desarrolla su actividad laboral en otros rubros, principalmente en servicios en Calama.

**FOTOGRAFÍA 7.9.2-2**
**CULTIVO DE MAÍZ CHOCLO CALAMEÑO**

Fuente: Equipo Consultor.

**FOTOGRAFÍA 7.9.2-3**
**CONFECCIÓN DE ERAS DE CULTIVO**

Fuente: Equipo Consultor.

Asociado a lo anterior, existe un gran porcentaje de agricultores adultos mayores que mantienen la agricultura como un complemento a su pensión, además de un escaso recambio generacional, dada la baja rentabilidad del rubro. La gente joven generalmente migra, estudia o busca otras actividades más rentables y estables.

Existe, según las entrevistas, una escasa regularización en la tenencia de la tierra y de derechos de agua, lo que lleva a situaciones de irregularidad en la repartición de aguas, ya que mucha gente vendió sus derechos, pero continúan regando de igual forma. Esta condición generalizada, hace que los representantes de los regantes limiten el acceso a información de este tipo, impidiendo el desarrollo de estudios y proyectos en beneficio de la comunidad.

Para varios entrevistados, otra importante limitante es justamente la administración ejercida por la asociación que representa a los regantes y sus dirigentes (ASAC), opinando que están lejos en su gestión de acercar los beneficios estatales a la comunidad, constituyendo un mal nexo para acceder a proyectos.

Existe gran disconformidad por la histórica gestión del agua para regadío realizada por parte del Estado, velando a juicio de los entrevistados, por los intereses de la industria minera, materializado en la entrega de las aguas del río Loa a la minería (de mejor calidad) y de las aguas del río Salado a la agricultura de Calama (pésima calidad).

Plantean así la necesidad de una justa compensación de parte del estado, interviniendo de tal forma, que les permita volver a regar con agua de buena calidad y abundante suministro; aludiendo a “como era antes del desarrollo minero”, donde la comuna de Calama se destacaba, hace décadas, por ser un verdadero oasis productivo en la región, gozando de gran diversidad de cultivos y basta superficie agrícola, lo que abala el gran potencial de la zona para el desarrollo agropecuario ante una eventual Situación Con Proyecto, que logre mejorar la calidad y el suministro de agua de riego para la agricultura.

Un problema en crecimiento desde hace 10 años ya en este sector, es la infestación de numerosos terrenos y lugares de cultivo con la llamada Mostaza Negra (Lepidiumlatifolium L.), maleza posiblemente introducida desde Argentina y cuyas características invasivas la hacen un problema aún sin control. Su característica de rápida dispersión (reproducción vegetativa por raíces, tallos subterráneos y por semilla a la vez), a través del viento, agua de riego, maquinaria agrícola, fardos de alfalfa y guano agrícola, además de su rápido y vigoroso crecimiento, le confieren una agresividad que supera a las especies agrícolas en condición de cultivo y la transforman en una seria amenaza al sector agrícola, cuya rentabilidad difícilmente costea el tratamiento aun en evaluación por parte de INIA en la zona, cuya investigación y ensayos de alternativas de control, finaliza en noviembre de 2017, esperando resultados que asocien métodos integrales de prevención y control de la maleza (Fotografía 7.9.2-4).

La DOH ha jugado un rol importante en el estado actual de la infraestructura de riego en la zona, existiendo gran porcentaje de tramos de canales revestidos. Para tramos u obras incompletas, la vía de posibles soluciones ya no va por intermedio de la DOH, sino actualmente por la Ley de Fomento a través de CNR regional, según acota en entrevista el encargado regional en Calama.

Los dirigentes entrevistados de Calama manifiestan que la infraestructura de canales se encuentra de buen a regular estado según el caso, existiendo a menudo tramos de canal con desperfectos, en especial las bocatomas, ya que se encuentran expuestas a las crecidas y cambios de caudal y profundidad en el cauce del río. Algunos sí manifiestan la necesidad imperiosa de mejorar los canales intraprediales. INDAP ha estado trabajando en este tema en la zona (Fotografía 7.9.2-5).

**FOTOGRAFÍA 7.9.2-4**
**MALEZA MOSTAZA NEGRA**

Fuente: Equipo Consultor.

No obstante, lo anterior, para la mayoría en este sector, la prioridad de inversión va por la vía de mejorar el aspecto calidad de aguas y el suministro hídrico, para aumentar así la frecuencia de riego. Esto a través de acumulación de agua (tranques comunitarios o embalse de riego) asociada a tratamiento de la misma en forma comunitaria, manifestando que el Estado debe construir y operar estas plantas, por el alto costo de los insumos del proceso, la complejidad del manejo y el problema de los residuos que se generan. Todos opinan que el agua lluvia de las crecidas (invierno boliviano) son de mucho mejor calidad que la normal del río Salado y que se están perdiendo, debiéndose acumular, para aumentar la seguridad de riego y mejorar la calidad, al diluirse las sales.

Se deben mencionar dos ejemplos del potencial beneficio que tiene para el desarrollo agrícola, la implementación de este tipo de tratamientos de agua en el sector. El primero es la única planta de osmosis inversa operando en Calama, adjudicada por beneficios otorgados por la ley de riego, a la ejemplar gestión e iniciativa de Don Franco Centella, regante y celador del canal Coco La Villa. Plantea que la operación de la planta es realmente exitosa en cuanto a la calidad de agua resultante, permitiéndole cultivar lechuga en invernaderos con riego tecnificado. Manifiesta que si bien el costo de operación es alto y los insumos no están el Calama, el retorno económico justifica el esfuerzo dado el alto precio que se paga por la hortaliza localmente en supermercados. Cree fehacientemente que es una excelente alternativa a implementar en forma colectiva entre regantes dispuestos a innovar e implementar riego tecnificado, pero requiere de mucho apoyo financiero y asesoría y monitoreo técnico, ya que hay mucho agricultor mayor de edad.

**FOTOGRAFÍA 7.9.2-5**
**OBRA DE REVESTIMIENTO CANAL INTRAPREDIAL (INDAP)**

Fuente: Equipo Consultor.

El otro ejemplo es el descrito por Doña Noemí Cuevas, quien realiza agricultura regando con aguas servidas tratadas, junto a regantes de su comunidad. Esto desde un tranque antiguo que debe ser restaurado para acumulación de agua de riego, mezclando aguas servidas tratadas y agua del río disminuyendo así la salinidad del agua de riego. Actualmente solo tienen autorización del Servicio de Salud para regar alfalfa y maíz. Pero hay sectores donde se riegan flores y otro tipo de plantas ornamentales. Reciben ayuda de CODELCO y la Minera Centinela. Trabajan con INDAP pero la disponibilidad de recursos no es mucha.

Debe hacerse mención a las experiencias realizadas por Fundación Chile, que en la zona desarrolla una iniciativa financiada por la minera Lomas Bayas, la que, como una forma compensatoria con la agricultura local por la explotación de recursos, brinda asesoría técnica en

proyectos de desarrollo agrícola con líneas de trabajo en cultivos tradicionales (mejoras de suelo y rendimientos) y en cultivos y técnicas innovadoras, con hidroponía (agua potable), diversificación de la matriz productiva e incentivo a gente joven a innovar (Fotografía 7.9.2-6). Implementan aplicaciones fitopatológicas de emergencia. El programa dura 3 años para cada agricultor con un egreso posterior. Tiene fondo concursable a proyectos con cofinanciamiento 20% agricultor (infraestructura y maquinaria). En el marco de una agricultura ancestral, el programa solo complementa con alternativas de cultivo y mejores prácticas de manejo de cultivo y suelos.

**FOTOGRAFÍA 7.9.2-6**
**PARCELA DEMOSTRATIVA FUNDACIÓN CHILE EN CALAMA**
**HORTALIZAS HIDROPÓNICAS**

Fuente: Equipo Consultor.

### 7.9.3. Sector de Chiu Chiu

El Sector de Chiu Chiu, que comprende también la localidad de Lasana, presenta una realidad agrícola diferente en varios aspectos y similar en otros. Estas localidades se han transformado en un oasis productivo preferentemente orientado a la producción hortalicera, ya que, en el aspecto de calidad de aguas, estas provienen del Río Loa, con un considerable menor contenido de sales que el río Salado, lo que permite incursionar en producción de varias especies de hortalizas para venta local y en Calama. No obstante, la calidad del agua igual limita la producción de frutales y otras especies sensibles a las sales.

La principal especie cultivada, dada su alta rentabilidad, es la zanahoria, la que corresponde a un ecotipo especial, el cual se ha adaptado a las condiciones de agua, suelo y clima únicas de esta localidad del Alto Loa. Pero esta preferencia obligatoriamente ha debido cambiar, ya que la práctica del monocultivo de zanahoria entre los agricultores ha provocado una disminución importante de sus rendimientos atribuida principalmente al hongo

Alternaria spp. que ha ido infestando consecutivamente los terrenos de cultivo. Esta enfermedad fungosa se dispersa principalmente por semilla contaminada, restos de cosecha remanentes en el predio, diseminación de esporas por el viento y agua. Los síntomas de la enfermedad corresponden a lesiones de color café oscuro a negro en las hojas y peciolos, estas caen posteriormente y son fuente inóculo posterior para la diseminación de la enfermedad.

Además, se produce al aire libre, betarraga, acelga, maíz choclo, orientados a venta en predio a intermediarios o entrega en ferias de Calama. También se produce alfalfa para autoconsumo y venta en localidades de Ayquina y Caspana (Fotografía 7.9.3-1).

Si bien la situación agrícola es en varios aspectos mejor que la de Calama, no están exentos de la problemática ambiental producida por la cercanía a los relaves mineros adyacentes. Muchas especies de hortalizas de hoja no dan buenos resultados, pues se quema su follaje producto del viento cargado con partículas de desecho minero provenientes de estos muy cercanos relaves.

**FOTOGRAFÍA 7.9.3-1**
**SECTOR AGRÍCOLA LOCALIDAD DE LASANA**

Fuente: Equipo Consultor.

Al respecto, declaran los dirigentes y regantes de ChiuChiu y Lasana, que el aire se torna a veces irrespirable, según las condiciones del viento y el arrastre de partículas desde el tranque Talabre. Se deposita así una capa de partículas ácidas sobre el follaje de cultivos, donde los más sensibles se queman parcialmente (hortaliza de hoja) no vale la pena cultivarlos.

Según la línea base del EIA del proyecto “RT Sulfuros CODELCO – CHILE” (ampliación de capacidad del tranque Talabre), en construcción desde 2014 para operar desde 2017, la norma de calidad del aire, en cuanto a material particulado sobrepasa el nivel de saturación en

la actualidad, considerando aun más emisiones una vez entrando en funcionamiento la obra. Se cita textual: "Calidad del Aire: Sub-área Zona Saturada de Calama y Localidad de Chiu Chiu: En las estaciones Servicio Médico Legal y Chiu Chiu se sobrepasa el límite de saturación para la norma primaria anual de MP10 (164% y 110% de la norma respectivamente).

El mismo estudio especifica en su acápite de Emisiones, Efluentes y Residuos generados en la Fase de Operación, que se generarán, sobre la línea base, emisiones de material particulado en los sectores Radomiro Tomich, Tranque Talabre y Planta Desaladora. Las actividades generadoras de emisiones corresponden a perforaciones, tronaduras, carga y descarga de material, erosión eólica, tránsito de vehículos por caminos no pavimentados y tránsito de vehículos por caminos pavimentados. Adicionalmente, se generarán emisiones de gases de combustión, debido a la utilización de vehículos motorizados. En el Cuadro 7.9.3-1 se presenta un resumen de las emisiones atmosféricas, estimadas para el año de máxima emisión durante esta fase para cada sector.

**CUADRO 7.9.3-1**
**EMISIONES, EFLUENTES Y RESIDUOS GENERADOS EN LA FASE DE OPERACIÓN PROYECTO RT SULFUROS CODELCO – CHILE**

| Sector | Emisión de Material Particulado (t/año) | | | Emisión de Gases (t/año) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | PM10 | MP2,5 | MPS | NOx | SO2 | CO |
| Tranque Talabre | 7.986 (2023) | 1.350 (2024) | 15.998 (2023) | 2.959 (2024 - 2057) | 196 (2024 - 2057) | 638 (2024 - 2057) |

Fuente: EIA Proyecto RT Sulfuros CODELCO CHILE

Si bien el Proyecto generará aportes de MP10 de baja significancia, considerando la condición de línea base, este incremento de las emisiones tiene la potencialidad de generar un efecto adverso significativo sobre la salud de la población ubicada en Calama y Chiu Chiu.

Algunos productores, invirtiendo e incursionando en tecnología de invernaderos y tecnificación de riego, han logrado con esto proteger los cultivos con éxito, obteniendo así lechuga, rábanos, cilantro, espinacas, repollos, etc., de buena calidad para el mercado de Calama, que de otra forma sería imposible. La representatividad en superficie cultivada en invernaderos es baja respecto del total del sector, no obstante es un excelente ejemplo a replicar (Fotografía 7.9.3-2).

Existe un gran recelo en la comunidad respecto de los intereses del Estado con las aguas, favoreciendo históricamente el desarrollo de la minería y su demanda de recurso hídrico para faena, en desmedro de la agricultura local que, a juicio de los entrevistados, su agricultura es insignificante al comparar su impacto económico con el de la minería en el país, lo que supone un estorbo para los intereses económicos del Estado. De ahí la desconfianza de muchos

respecto de iniciativas que se relacionen al tema del agua, suponiendo un trasfondo en que la prioridad será siempre el desarrollo minero.

Para los agricultores de Chiu Chiu y Lasana, en lo referente a prioridades de inversión en riego, el enfoque de posibles esfuerzos debe apuntar a mantener, reparar y mejorar la infraestructura de canales, tanto matrices como intraprediales. Esto dado que para ellos, la calidad y cantidad de suministro no es tan relevante. En general los canales siempre llevan agua y no tienen turnos de riego entre canales como en Calama. Existen varios tramos de canales destruidos o desnivelados produciendo pérdidas de agua, al igual que bocatomas deterioradas y fuera de nivel.

**FOTOGRAFÍA 7.9.3-2**
**PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS EN INVERNADERO CHIU CHIU**

Fuente: Equipo Consultor.

### 7.9.4. Sector de Caspana

El sector de Caspana es el más alejado geográficamente y con un clima con temperaturas promedio inferiores a Calama y Chiu Chiu, de manera que se desarrolla así en los lomajes precordilleranos, una vasta superficie de praderas naturales arbustivas que dan sustento en primavera y verano a una ganadería extensiva de ovinos y camélidos (llamas), orientados al autoconsumo y comercio informal de carne a nivel local (Fotografía 7.9.4-1).

Dados los acuerdos con representantes de las Comunidades Atacameñas de los pueblos del sector, y su disposición a participar del presente estudio, fue solamente posible el levantamiento de información de entrevistas en las localidades de Ayquina, Turi y Paniri. Las 3 localidades riegan con afloramientos de agua subterránea dado que se encuentran sobre cota del río Salado y por la salinidad que lo caracteriza.

La agricultura existente en Ayquina se basa en la producción para autoconsumo de hortalizas a pequeña escala, como habas, papa, lechuga y repollo, ya que la calidad del agua de afloramientos lo permite. También en la producción de maíz choclo y alfalfa, tanto para autoconsumo, como para venta de los excedentes a nivel local. Esta agricultura, muy asociada a la tradición ancestral atacameña, se realiza en pequeñas terrazas de cultivo de suelo mejorado con guano, dispuestas en contorno bordeando la quebrada del río Salado (Figura 7.9.4-2). Esto dado que los afloramientos de agua de riego aparecen bajo la roca, en la parte superior de la quebrada (Fotografía 7.9.4-3).

**FOTOGRAFÍA 7.9.4-1**
**CRIANZA DE LLAMAS LOCALIDAD DE PANIRI**

Fuente: Equipo Consultor.

La localidad de Turi, a diferencia de Ayquina, desarrolla su agricultura en la planicie aledaña a la pradera natural arbustiva, asociando producción ganadera (ovinos y llamas) para autoconsumo y venta local informal. La fuente de recurso hídrico la constituyen afloramientos subterráneos con carácter termal, asociando el agua, características azufradas, efervescentes y de temperatura tibia. Por este motivo, el desarrollo de agricultura está limitado a especies que toleran estas características del agua, como la alfalfa, la papa y el haba (Fotografía 7.9.4-4).

**FOTOGRAFÍA 7.9.4-2**
**CULTIVO EN TERRAZAS LOCALIDAD DE AYQUINA**

Fuente: Equipo Consultor.

**FOTOGRAFÍA 7.9.4-3**
**AFLORAMIENTO DE AGUA PARA RIEGO LOCALIDAD DE AYQUINA**

Fuente: Equipo Consultor.

En estas planicies son recurrentes fuertes vientos con arenisca, que hacen imposible el cultivo de frutales y cultivos altos como el maíz, no obstante se la visita del consultor se constata siembras de prueba con maíz calameño en estado de 3 a 4 hojas, con bajo porcentaje de emergencia y notorio efecto de heladas primaverales en las hojas.

En Turi el suelo es muy salino. Se han hecho programas con INDAP para mejorar los suelos, pero no han dado resultado.

Según expresan los entrevistados, la vega de Turi se está secando, por dos causas; en los años más secos las extracciones de agua no se ajustan a la menor disponibilidad de agua y la vega queda sin agua. El agua es utilizada principalmente por Ferrocarriles, Aguas Antofagasta y CODELCO. Las soluciones dicen, es adecuar las extracciones a la disponibilidad física del recurso, si hay menos agua, las extracciones deben disminuir, permitiendo que las vegas reciban parte del agua. La otra causa es la plaga de chululos, que genera que el agua escurra más rápido.

**FOTOGRAFÍA 7.9.4-4**
**CULTIVO DE HABAS LOCALIDAD DE TURI**

Fuente: Equipo Consultor.

A la vez, las vertientes traen menos agua por extracciones ilegales y la fiscalización del Estado no es suficiente para solucionar el problema.

Tanto en Ayquina como en Turi (60 y 40 agricultores respectivamente), la mayor parte de los agricultores no vive donde están los predios, solamente van al predio cuando las tareas de manejo en los cultivos lo requieren. Varios tienen predios en las dos localidades, así como en Paniri también, pero en gran parte la agricultura se ha abandonado, porque hay menos agua y porque los agricultores han envejecido sin recambio generacional

En materia de inversiones, estas localidades requieren según los entrevistados, mejorar la calidad del agua para poder regar hortalizas en Turi, y no solo trigo y praderas que es lo que se riega actualmente, además del mejoramiento de los canales secundarios. En Ayquina se requiere como prioridad el mejoramiento del canal principal (6-7 km).

En la localidad de Paniri, ubicada más arriba, en los faldeos del cerro Paniri, solo vive en forma estable 1 persona. El resto de agricultores (15 a 20), solo tienen el terreno cultivado y a veces alguna choza de piedra y paja, y van a cuidarlo y trabajar esporádicamente. Otros propietarios se van a medias con personas más estables en la zona que les ven el terreno.

Paniri se encuentra inserta un sector de pie de monte muy pedregoso y en ladera, donde desde tiempos antiguos los ancestros atacameños desarrollaron agricultura en torno al afloramiento de vertientes al pie del cerro Paniri (Fotografía 7.9.4-5), desde donde conducen el agua hasta sus pequeñas terrazas hechas con pircas de piedra (Fotografía 7.9.4-6).

La calidad del agua es muy buena tanto para riego como para consumo humano, permitiendo aprovechar así la temporada estival sin heladas con una amplia gama de cultivos orientados al autoconsumo y a pequeña escala, tales como cebollas, tomate, lechuga, maíz choclo, flores, habas, repollo, alfalfa y frutales como, manzanos, perales y damascos (Fotografía 7.9.4-7).

Para estos agricultores, la necesidad en torno a eventuales inversiones en riego, va por la vía de mejorar la captación de agua de la vertiente, la que producto de las lluvias bajó su cota obligándoles a bombear para poder abastecer los acumuladores en los que ya se había invertido y la red de canales, los cuales son de piedra y requieren mantención.

**FOTOGRAFÍA 7.9.4-5**
**RECURSO PROVENIENTE DESDE VERTIENTE CERRO PANIRI**

Fuente: Equipo Consultor.

**FOTOGRAFÍA 7.9.4-6**
**TERRAZAS DE CULTIVO LOCALIDAD DE PANIRI**

Fuente: Equipo Consultor.

**FOTOGRAFÍA 7.9.4-7**
**DIVERSIDAD DE CULTIVOS LOCALIDAD DE PANIRI**

Fuente: Equipo Consultor.

## 7.9.5. Resumen del Área de Estudio

Una vez realizada la caracterización del área de estudio, se procede a generar la estructura de cultivos representativa para el área de estudio. Así se presenta en el Cuadro 7.9.5-1, un resumen de los parámetros productivos de los principales cultivos que componen esta estructura de cultivo en Situación Actual Agropecuaria.

**CUADRO 7.9.5-1**
**PARÁMETROS PRODUCTIVOS CULTIVOS SITUACIÓN ACTUAL**

| Cultivo | Variedad | Nivel | Año | Unidad | Rendimiento |
|---|---|---|---|---|---|
| Zanahoria | Corriente | Bajo | 1 | Saco 40 kg/ha | 500 |
| Acelga | Corriente | Bajo | 1 | Atado/ha | 15.000 |
| Maíz Choclo | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | 1 | Un./ha | 11.000 |
| Betarraga | Corriente | Bajo | 1 | Atado/ha | 17.000 |
| Hortaliza Inv. Lechuga | Gran Rapids | Medio | 1 | Un./ha | 60.000 |
| Haba | Var. Local | Bajo | 1 | Saco 40 kg/ha | 170 |
| Alfalfa | Alta Sierra | Bajo | 1 | Fardos/ha | 315 |
| Alfalfa | Alta Sierra | Bajo | 2 | Fardos/ha | 450 |
| Ganadería Crianza | Ovinos | Bajo | 1 | Un./ha | 50 |

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas técnico-económicas de cultivo.

En la Figura 7.9.5-1 se presenta el resumen de la situación agropecuaria actual, en la cual se observan tres zonas homogéneas diferentes, las que tienen como principal factor de distinción el tipo de agua de riego, la que marca las diferencias más importantes en cuanto al tipo de cultivo que se presenta en cada zona. De esta forma, de cordillera a mar, el sector compuesto por Paniri, Turi y Ayquina (denominado como “Caspana”, de acuerdo con los distritos censales) es regado por vertientes de agua de mejor calidad que las zonas de más abajo. Luego, el sector compuesto por Chiu Chiu y Lasana (denominado como “Chiu Chiu”, según los distritos censales) es regado por agua del río Loa, el cual si bien tiene cierto grado de salinidad, ésta es inferior a la del sector de Calama, el cual es regado por agua de Loa después de haber recibido las aguas del río Salado, limitando la producción agrícola. Dentro de la misma Figura, se incluyen las principales problemáticas existentes en la actualidad, las cuales son abordadas con mayor detalle en el diagnóstico preliminar del presente estudio.

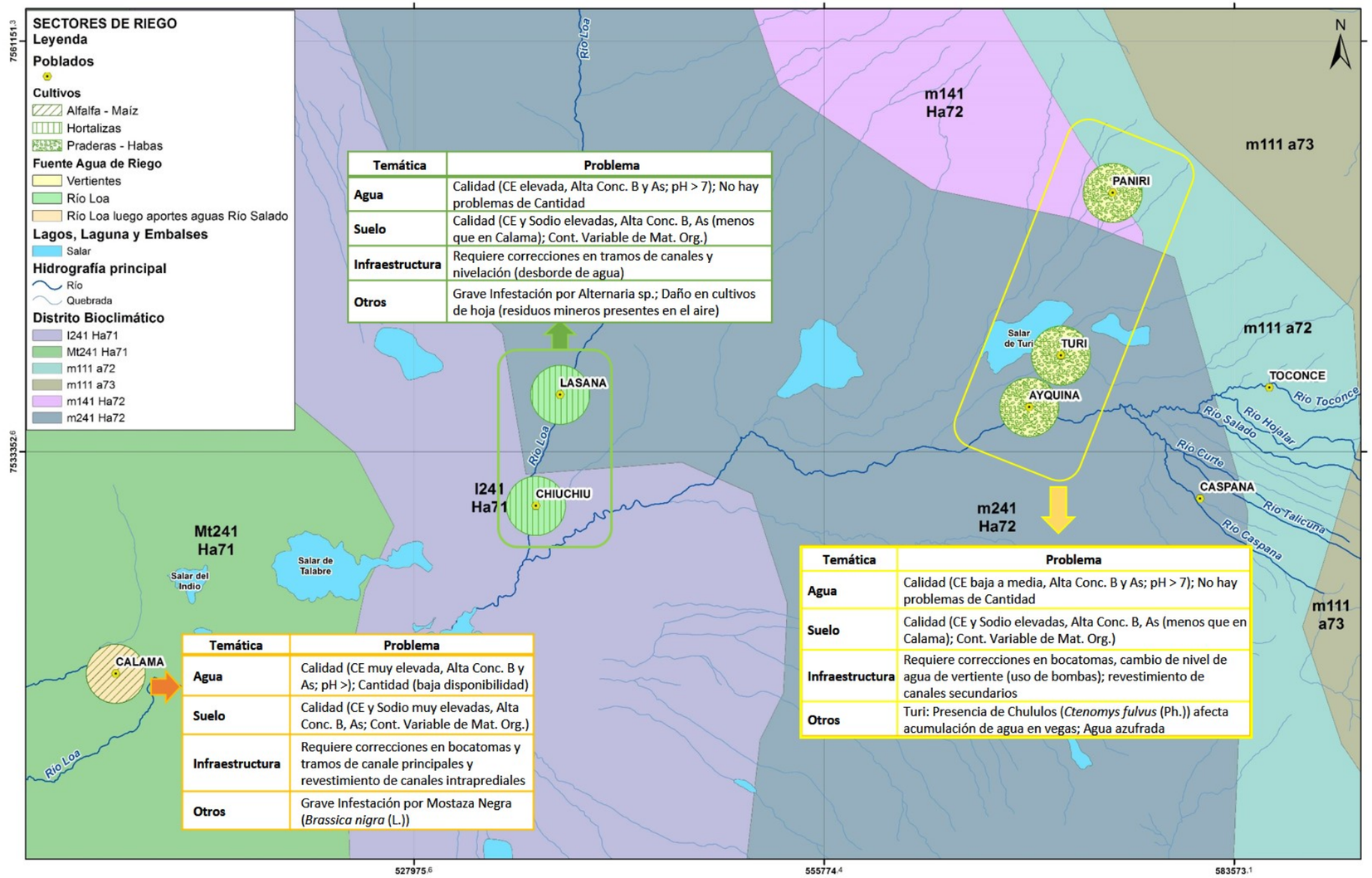



**FIGURA 7.9.5-1**
**RESUMEN CARACTERIZACIÓN AGROPECUARIA ACTUAL DEL ÁREA DE ESTUDIO**

Fuente: Elaboración propia.

(*) Para detalle de distritos agroclimáticos, consultar Acápite 7.5.2 del presente Capítulo.

## 7.10. Caracterización Económica

### 7.10.1. Fichas Técnico Económicas

Se elaboraron fichas o estándares productivos y económicos para cada rubro productivo identificado en la caracterización productiva, considerando para estos, los niveles tecnológicos, y sistemas productivos de manejo en el área de estudio. Para su elaboración se recurrió a información secundaria además de la recogida en las entrevistas. La determinación de costos directos de producción para cada rubro se elaborar en base a la información recopilada en terreno, la que es complementada en gran parte con los antecedentes bibliográficos obtenidos de instituciones de la zona y de otros estudios disponibles, tales como:

- Manuales y Cursos: "Suministros Técnicos para la Agricultura Familiar Campesina Temporada 2016 - 2017 Macro Zona Norte", Tomo 6. INDAP, Octubre 2016.
- Estandares Productivos y Fichas de Cultivo elaboradas por ODEPA, 2010 – 2016.
- Estudio de Prefactibilidad Mejoramiento Sistema de Riego en Río San Pedro, San Pedro de Atacama, Región de Antofagasta. Arrau Ingeniería, 2013.
- Estudio de Prefactibilidad Construcción Embalse Umirpa en el Valle de Vitor, comuna de Camarones, Región de Arica y Parinacota. Arrau Ingeniería, 2012.
- Estándares Técnicos Programa Fortalecimiento de las Capacidades de Formulación y Evaluación de Proyectos para la Pequeña Agricultura. ODEPA. 1993.
- Manual de Producción de Hortalizas. Prodecop-Fida-INIA-INDAP. 1998.
- Coeficientes Técnicos de Producción de las principales hortalizas del país, IICA, Ministerio de Agricultura. 1990.
- Cultivo de Hortalizas, Vicente Giaconi y Moisés Escaff, 1988.
- Coeficientes Técnicos de Producción de los principales frutales del país, IICA, Ministerio de Agricultura. 1990.
- Revista Agroeconómico, Fundación Chile (Diversos Números).
- Manual Fitosanitario 2006-2007, AFIPA A.G.

Las fichas en cuestión han sido construidas sobre la base de una selección de coeficientes técnicos extraídos de diferentes estudios, los que han sido consultados con diversos profesionales especialistas e informantes calificados. Estos coeficientes reflejan el uso de recursos bajo situaciones de manejo tecnológico diverso. Considerando la existencia de distintas posibilidades de manejo técnico por rubro productivo, se ha escogido a juicio de experto, aquellas que parecen más representativas para la zona estudiada. Las referencias a nombres comerciales para algunos insumos son sólo indicativas, sin representar una selección o recomendación especial.

Los precios de mano de obra corresponden a los valores actuales pagados en la zona, lo que en general se calcula como un monto base más comida y a veces alojamiento. Los precios asociados a las labores de maquinaria agrícola e insumos, se desprenden de los valores informados por los propios productores. Los estándares incluyen las principales características de cada uno de los rubros identificados, excepto los costos de inversión y mantención de los sistemas de riego tecnificados e invernaderos.

En términos generales se han considerado los siguientes aspectos en cada patrón:

- Labores e insumos
- Mano de obra
- Maquinaria
- Tracción animal
- Insumos físicos
- Fletes y envases
- Imprevistos
- Rendimientos

Los costos de los insumos no contemplan I.V.A. y han sido aproximados a la fracción superior, eliminando los decimales resultantes en las operaciones aritméticas.

Se ha considerado en todos los costos directos, de cada uno de los rubros, un costo por concepto de imprevistos, el que asciende a un 5% de los costos directos en que se ha incurrido.

Posteriormente, los estándares o patrones productivos se valorizaron con información proveniente del estudio general de mercados (Acápite 7.11), obteniendo de esta manera, las fichas técnico - económicas. Éstas incluyen información sobre ingreso bruto, costos directos y margen bruto.

Los patrones se elaboraron a precios de mercado y social; para este último, se consideraron las normas impartidas por MIDEPLAN, aplicando los factores de ajuste social para cada ítem.

El objetivo del cálculo de los precios sociales de los factores básicos de producción es contar con valores que reflejen el verdadero costo para la sociedad de utilizar unidades adicionales de estos factores durante la ejecución y operación de un proyecto de inversión.

Los coeficientes determinados por MIDEPLAN, cuyo monto varía según el ítem, se detallan a continuación:

- Mano de obra No Calificada: 0,620
- Insumo importado: 1,010
- Insumo nacional: 1,000
- Maquinaria importada: 1,007
- Maquinaria nacional: 1,000
- Producto nacional: 1,000
- Producto de exportación: 1,010

Estos indicadores se encuentran vigentes desde el año 2008.

Las fichas técnico-económicas de cultivos se presentan en el Anexo 7-4.

### 7.10.2. Ingreso, Costos y Margen Bruto

El Cuadro 7.10.2-1 presenta un resumen de los ingresos y costos por hectárea de las fichas técnicas elaboradas para el presente estudio, válidos para la Situación Actual.

**CUADRO 7.10.2-1**
**INGRESO, COSTO DIRECTO Y MARGEN BRUTO POR HECTÁREA DE RUBROS PRODUCTIVOS**
**SITUACIÓN ACTUAL (PRECIOS A OCTUBRE 2016)**

| Cultivo | Variedad | Nivel | Año | Precios de mercado ($) | | | Precios sociales ($) | | | Rendimiento | Unidad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Ingreso | Costo | Margen Bruto | Ingreso | Costo | Margen Bruto | | |
| Zanahoria | Corriente | Bajo | 1 | 8.500.000 | 3.855.262 | 4.644.738 | 8.500.000 | 3.190.229 | 5.309.771 | 500 | Saco 40 kg/ha |
| Acelga | Bressane | Bajo | 1 | 7.140.000 | 4.366.279 | 2.773.721 | 7.140.000 | 3.644.939 | 3.495.061 | 15.000 | Atado/ha |
| Maíz Choclo | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | 1 | 3.080.000 | 1.824.324 | 1.255.676 | 3.080.000 | 1.616.488 | 1.463.512 | 11.000 | Un./ha |
| Betarraga | Corriente | Bajo | 1 | 6.800.000 | 3.855.262 | 2.944.738 | 6.800.000 | 3.190.229 | 3.609.771 | 17.000 | Atado/ha |
| Lechuga | Gran Rapids | Bajo | 1 | 24.000.000 | 4.649.639 | 19.350.361 | 24.000.000 | 4.333.629 | 19.666.371 | 60.000 | Un./ha |
| Haba | Corriente | Bajo | 1 | 5.100.000 | 2.045.508 | 3.054.492 | 5.100.000 | 1.679.851 | 3.420.149 | 170 | Saco 40 kg/ha |
| Alfalfa | Alta Sierra | Bajo | 1 | 2.517.483 | 3.256.295 | -738.812 | 2.517.483 | 3.138.482 | -620.999 | 315 | Fardos/ha |
| Alfalfa | Alta Sierra | Bajo | 2 | 3.600.000 | 1.183.837 | 2.416.163 | 3.600.000 | 1.087.751 | 2.512.249 | 450 | Fardos/ha |
| Ganadería Crianza | Ovinos | Bajo | 1 | 3.906.250 | 3.114.279 | 791.971 | 3.906.250 | 2.964.892 | 941.358 | 50 | Un./ha |

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas técnico-económicas de cultivos.

## 7.11. Estudio de Mercado, Comercialización y Precios

### 7.11.1. Antecedentes Generales

Se realizó una recopilación y análisis de antecedentes bibliográficos para los principales productos agropecuarios desarrollados en el área del estudio, los cuales serán analizados, con el objeto de evaluar sus perspectivas de mercado. Esta información fue complementada con antecedentes recogidos directamente en terreno, tanto en entrevistas a agricultores y dirigentes como en consulta a instituciones, ferias libres y mercados locales. Se consultó precios de venta de productos a agricultores y se visitó la Feria Rotativa y el Terminal Agro de Calama para obtener precios actuales de venta.

La Feria Rotativa es una feria libre que va rotando por distintos puntos de Calama tres veces en la semana y comercializa todo tipo de hortalizas, frutas y abarrotes (Fotografía 7.11.1-1). Muchos agricultores del área de estudio van a entregar productos a ésta feria, obteniendo aproximadamente un 70% del valor de venta a consumidor. Solo algunos venden directamente como locatarios de la feria, ya que la gran mayoría son comerciantes intermediarios, que compran la mayor de las veces el producto puesto en predio.

**FOTOGRAFÍA 7.11.1-1**
**FERIA ROTATIVA DE CALAMA**

Fuente: Equipo Consultor.

Dada la estacionalidad de la producción local y su escasa gama de productos, esta feria se abastece al por mayor principalmente de los productos que llegan al Terminal Agro de Calama, lugar de arribo de camiones provenientes principalmente de Arica, Iquique, La Serena – Ovalle y de la Zona Centro Sur (Fotografía 7.11.1-2). En este terminal se vende al por mayor y al detalle.

Se abarca así, información relativa a la superficie nacional y regional de cultivo, evolución de la producción, canales de comercialización locales, perspectivas, etc. Por otra parte, el análisis de precios se ha efectuado principalmente utilizando precios de mercado local, contrastándolos con las series de precios de ODEPA del mercado mayorista de Santiago, sin IVA, expresados en moneda de octubre de 2016.

**FOTOGRAFÍA 7.11.1-2**
**TERMINAL AGROPECUARIO DE CALAMA**

Fuente: Equipo Consultor.

El análisis consideró también información obtenida mediante revisión de distintas publicaciones y estudios efectuados por organismos, entre los cuales se encuentran principalmente:

- Instituto Nacional de Estadísticas, INE.
- Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, ODEPA.
- Fundación de Innovación Agraria, FIA.
- Instituto de Desarrollo Agropecuario, INDAP
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA
- Otros afines.

En cuanto a los productos que mantienen condiciones apropiadas para su explotación productiva en el área de estudio, y que resultan de interés en el mercado local actual, se presentan en el Cuadro 7.11.1-1. Estos productos se analizan posteriormente en su situación de mercado.

**CUADRO 7.11.1-1**
**PRODUCTOS ANALIZADOS**

| Forrajeras, Hortalizas y Cereales | Ganado |
|---|---|
| Alfalfa | Ovino |
| Zanahoria | - |
| Maíz choclo | - |
| Haba | - |
| Acelga | - |
| Quínoa | - |

Fuente: Elaboración propia.

## 7.11.2. Forrajeras, hortalizas y cereales

### 7.11.2.1. Alfalfa

La alfalfa es un cultivo de importancia forrajera que se distribuye desde la I a la XII Región. Las mayores producciones se presentan en la Región Metropolitana cubriendo casi un 40% de la superficie nacional cultivada.

De acuerdo con los datos aportados por el INE, en el año 2006/2007, la superficie total de forrajeras en Chile alcanzó las 518.502 ha.

En el Cuadro 7.11.2.1-1 se presentan las series de precios de la alfalfa en la última década (2006-2016) según antecedentes disponibles en ODEPA. La evolución histórica de los precios promedio anuales de la alfalfa se aprecia en el Gráfico 7.11.2.1-1, en la que es posible observar una marcada oscilación en los precios, existiendo tanto alzas como descensos de forma consecutiva, como se puede observar entre los años 2008 y 2012, mientras que hacia la actualidad los precios han decaído nuevamente, lo cual se puede atribuir a diversos factores, entre los que destaca el déficit hídrico sostenido que ha experimentado la zona central del país, en donde se encuentran las mayores superficies de cultivo, complementado con la lenta implementación de técnicas de riego que ayuden a utilizar de forma más eficiente el escaso recurso.

La henificación es uno de los principales destinos de la alfalfa para la alimentación del ganado, por lo cual el comportamiento del mercado de este producto mantiene una alta correlación con el mercado ganadero.

La producción de alfalfa y sus niveles de comercialización están determinados según el número de cortes que se realicen, aplicándose comúnmente en el área de estudio 3 a 4 cortes que se destinan esencialmente a la henificación, en especial para consumo de los propios animales y para la venta de los excedentes.

**CUADRO 7.11.2.1-1**
**PRECIOS ALFALFA ($/kg)**
**(PESOS REALES SIN IVA CON EL IPC DEL 10/2016)**

| Año | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Prom* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2006 | 81,15 | 75,93 | 79,69 | 86,56 | 99,13 | 103,97 | 110,24 | 112,16 | 111,86 | 86,03 | 84,82 | 84,96 | 93,04 |
| 2007 | - | 78,88 | 79,02 | 81,54 | 83,63 | 89,76 | 89,63 | 112,17 | 153,44 | - | - | 117,28 | 98,37 |
| 2008 | 120,08 | 136,81 | 165,50 | 177,98 | 175,99 | 173,98 | 166,31 | 142,69 | - | 117,81 | - | 76,32 | 145,35 |
| 2009 | 76,00 | 90,39 | 99,54 | 100,41 | 105,59 | 112,16 | 116,80 | 113,52 | 103,81 | 96,53 | 96,53 | 94,46 | 100,48 |
| 2010 | 82,11 | 84,20 | 80,21 | 85,15 | 84,76 | 86,94 | 86,94 | 103,66 | 103,76 | 102,12 | 94,64 | 90,27 | 90,40 |
| 2011 | 95,69 | 95,43 | 98,88 | 102,36 | 108,68 | 99,83 | 110,46 | 116,32 | 141,04 | 111,39 | 115,00 | 104,00 | 108,26 |
| 2012 | 103,37 | 115,01 | 126,27 | 111,12 | 140,00 | 166,78 | 173,12 | 177,82 | 179,75 | 160,43 | 153,20 | 133,07 | 145,00 |
| 2013 | 133,11 | 134,03 | 117,71 | 140,82 | 144,40 | 132,86 | 138,90 | 144,84 | 126,79 | 120,44 | 115,72 | 105,69 | 129,61 |
| 2014 | 103,37 | 103,74 | 100,46 | 112,90 | 117,70 | 145,81 | 147,93 | 159,62 | 156,92 | 150,21 | 114,70 | 117,09 | 127,54 |
| 2015 | 117,57 | 118,02 | 117,60 | 116,87 | 126,49 | 128,91 | 138,00 | 142,12 | 141,68 | 143,03 | 127,53 | 113,42 | 127,60 |
| 2016 | 104,41 | 104,95 | 105,17 | 101,71 | 103,92 | 107,73 | 107,25 | 108,49 | 108,45 | - | - | - | 105,79 |

*: Precios Ponderados

Fuente:Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA.

En el área de estudio la producción de alfalfa está orientada por una parte al autoconsumo, principalmente en predios pequeños, pero también a la venta de fardos puestos en predio y a veces llevados a pueblos y localidades cercanas donde los compran, como San Pedro, Ayquina y Caspana, donde es mayor la producción ganadera. Dada la aislación geográfica y la escasez de recurso hídrico para su producción, el precio es bastante elevado respecto de la zona central del país.

Los datos expresados en el Cuadro 7.11.2.1-2 detallan los márgenes de comercialización para la alfalfa a nivel local. Se ha tomado como referencia un valor promedio de $8.000 por fardo de alfalfa (aproximadamente 30 kilos cada fardo) según los antecedentes aportados a través de las entrevistas agroproductivas. El valor referencial utilizado resulta notoriamente más elevado que los precios promedios en diez años para cada corte de alfalfa, según antecedentes de ODEPA, lo cual se explica debido a varios factores, entre ellos: la alta demanda del producto, la escasa oferta local y la lejanía de centros de comercialización (principalmente Calama). Por lo demás se destaca, el hecho particular que la producción local de alfalfa mantiene niveles muy bajos de rendimiento en comparación a una de la zona central.

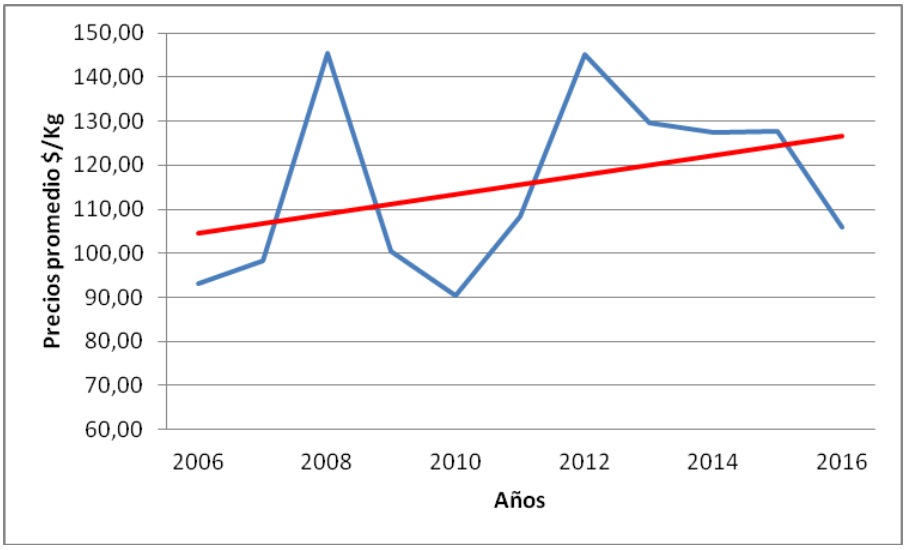



**GRÁFICO 7.11.2.1-1**
**PRECIOS ALFALFA (PROMEDIOS ANUALES)**

Fuente: Elaboración propia a partir de ODEPA.

**CUADRO 7.11.2.1-2**
**ANÁLISIS DE PRECIOS DE MERCADO ALFALFA**

| Mercado alfalfa | Precio ($/kg) (fardo= 30 kg app.) |
|---|---|
| Precio Prom. | 266 |
| Flete | - |
| Margen de Comercialización | - |
| Precio producto en predio | 266 |

Fuente: Elaboración propia.

Según dato recopilados en las entrevistas, los rendimientos por hectárea al año fluctúan de 75 a 400 fardos/ha, esto se debe principalmente a la falta de agua y a un modesto manejo productivo, lo que ha llevado a destinar dicha producción esencialmente para cubrir en parte, las necesidades de autoconsumo y, en algunos casos al arriendo de potreros para talaje.

En el área de estudio no se presenta una diferenciación del precio de la alfalfa por corte, por lo tanto se ha considerado un valor referencial promedio independiente del número de cortes, considerando el precio del fardo de 30 kg en $8.000, se obtiene un valor de $266/kg de alfalfa. En este caso no se considera costo por flete, dado que la venta del producto se realiza en el mismo predio del agricultor.

7.11.2.2. Zanahoria

En Chile se cultivaron 4.024 ha aproximadamente de zanahoria durante la temporada agrícola 2006/2007 (INE, 2007), concentradas entre las regiones de Valparaíso, Santiago y del Bío Bío, con un 72% del área total cultivada en el nivel país, según se muestra en el Cuadro 7.11.2.2-1.

**CUADRO 7.11.2.2-1**
**SUPERFICIE SEMBRADA DE ZANAHORIA A NIVEL REGIONAL**

| Regiones | Zanahoria Superficie 2006 (ha) (1) | Superficie Total (%) | Zanahoria Superficie 2014 (ha) (2) | Superficie Total (%) |
|---|---|---|---|---|
| **XV de Arica y Parinacota** | 1,5 | 0,04 | 1,0 | 0,03 |
| **III de Atacama** | 12,8 | 0,32 | 0,9 | 0,02 |
| **IV de Coquimbo** | 383,5 | 9,53 | 663,6 | 16,81 |
| **V de Valparaíso** | 822,7 | 20,45 | 692,3 | 17,54 |
| **Región Metropolitana de Santiago** | 915,7 | 22,76 | 1.348,0 | 34,16 |
| **VI de O'Higgins** | 61,7 | 1,53 | 23,0 | 0,58 |
| **VII del Maule** | 82,8 | 2,06 | - | - |
| **VIII del Bío-Bío** | 999,7 | 24,85 | 524,4 | 13,29 |
| **La Araucanía (3)** | 203,84 | 5,07 | 154,0 | 3,90 |
| **Resto del País** | 539,4 | 13,41 | 539,4 | 13,67 |
| **TOTAL** | 4023,64 | 100,00 | 3946,6 | 100,00 |

(1) Cifras del VIII Censo Nacional Agropecuario, INE 2007
(2) Cifras boletín anual agropecuario INE, periodo 2014/15
(3) Hasta el año 2012 la región de La Araucanía estuvo incluida en el Resto país

Fuente: INE

De un total de 349,7 ha orientadas a cultivos hortícolas en la región de Antofagasta, más del 30% de esta superficie se destina al cultivo de zanahoria. La comuna de Calama, donde se ubica el área de estudio, aporta prácticamente con la totalidad de la superficie, con alrededor de 110 ha solamente. Sin embargo, esta superficie equivale a solo un 2,9% del total del cultivo a nivel nacional (INE, 2007).

Cabe destacar que de acuerdo a cifras indicadas por FAO, Chile el año 2002 habría producido 98.500 Ton de zanahoria, valor que aumentó a 100.000 Ton para el año 2007. La mayor parte se destina al mercado fresco. Respecto a zanahoria destinada al procesamiento de jugo concentrado, pre picado, IQF, baby, puré y mezclas de ensaladas (INIA, 2010).

Los precios de la zanahoria en los mercados mayoristas experimentaron una merma considerable en el año 2009, luego de varios años de alzas constantes, llegando a los $29.450 las mil unidades y si bien, a partir de entonces, los precios volvieron a elevarse, alcanzando un peak en el año 2014, de $36.140 las mil unidades, estos volvieron a disminuir hacia el año 2016,

bordeando los $31.270 las mil unidades. Esta situación se explica principalmente por la entrada en mercado de un mayor número de oferentes, lo cual repercute directamente en los precios, situación cíclica, que tiende a ocurrir en cultivos de temporada y que han atravesado una considerable cantidad de temporadas con precios óptimos, atrayendo la atención de nuevos productores. En el Cuadro 7.11.2.2-2 se presentan los precios por unidad entregados por ODEPA en los últimos 10 años y en el Gráfico 7.11.2.2-1 se grafica el comportamiento del mismo, el cual da cuenta de la clara tendencia al alza de esta hortaliza en el mercado mayorista.

**CUADRO 7.11.2.2-2**
**PRECIOS MAYORISTAS DE ZANAHORIA $/UNIDAD**
**(PESOS REALES SIN IVA CON EL IPC DEL 10/2016)**

| Año | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Prom * |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2006** | 29,33 | 18,36 | 20,49 | 20,76 | 19,97 | 19,95 | 21,61 | 22,22 | 22,52 | 23,94 | 22,53 | 20,37 | 30,26 |
| **2007** | 30,48 | 21,28 | 21,61 | 21,01 | 20,57 | 21,00 | 20,85 | 21,36 | 21,69 | 22,00 | 22,70 | 22,74 | 30,08 |
| **2008** | 29,16 | 29,23 | 36,31 | 28,60 | 25,92 | 26,42 | 25,04 | 25,37 | 25,85 | 26,04 | 25,24 | 23,69 | 34,34 |
| **2009** | 25,43 | 24,14 | 23,20 | 24,13 | 24,49 | 23,93 | 22,88 | 23,56 | 23,69 | 23,20 | 23,47 | 20,19 | 29,45 |
| **2010** | 32,63 | 31,64 | 31,55 | 26,68 | 26,38 | 26,02 | 27,45 | 28,45 | 28,47 | 35,03 | 30,47 | 26,57 | 35,41 |
| **2011** | 37,24 | 24,68 | 25,88 | 29,66 | 27,21 | 28,49 | 27,29 | 30,93 | 30,65 | 33,30 | 34,99 | 31,51 | 35,16 |
| **2012** | 30,31 | 30,41 | 32,89 | 29,27 | 28,80 | 30,89 | 33,16 | 30,74 | 32,26 | 29,43 | 24,42 | 26,19 | 35,01 |
| **2013** | 35,33 | 24,91 | 27,37 | 23,65 | 26,48 | 30,53 | 30,94 | 27,24 | 25,40 | 35,65 | 34,42 | 31,26 | 32,72 |
| **2014** | 29,59 | 36,47 | 36,62 | 32,14 | 31,59 | 32,08 | 31,24 | 29,65 | 30,32 | 29,10 | 29,16 | 27,67 | 36,14 |
| **2015** | 28,61 | 31,21 | 30,62 | 29,41 | 29,89 | 28,17 | 29,91 | 32,69 | 32,11 | 40,04 | 34,44 | 27,81 | 32,94 |
| **2016** | | 29,78 | 29,95 | 30,79 | 33,00 | 30,85 | 32,11 | 31,25 | 30,66 | 32,56 | | | 31,27 |

*: Precios Ponderados

Fuente: ODEPA

En el área de estudio, específicamente en Chiu Chiu y Lasana, es donde se produce zanahoria, como la alternativa más rentable al aire libre y haciéndose solo una vez al año, con siembras de primavera y cosechas en febrero y marzo. En estos meses la zanahoria compite muy bien con la importada desde Arica o La Serena, por lo que la producción local alcanza los $17.000/saco de 40 kg, lo que corresponde aproximadamente a $425/kg entregada en feria en Calama, lo que equivale aproximadamente a $60,7/unidad, valor muy superior al promedio anual de los últimos años registrado por ODEPA.

Los datos expresados en el Cuadro 7.11.2.2-2 detallan resultados del cálculo de los márgenes de comercialización para la zanahoria en el mercado mayorista local. Se tiene como referencia que para el área de estudio el costo del flete es de $20 por kg, y un margen de comercialización de 30%. Ya que el producto se entrega puesto en feria, no se considera costo de flete, va incluido en el precio.

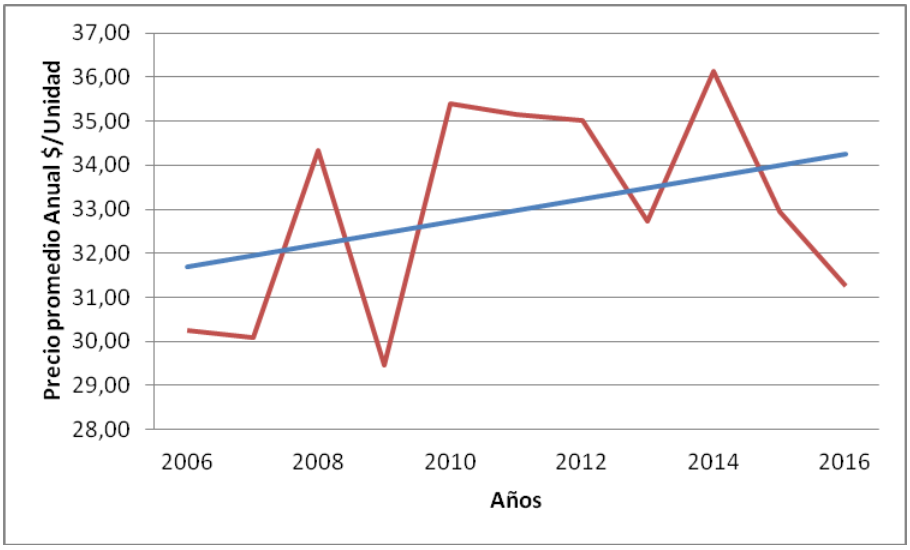



**GRÁFICO 7.11.2.2-1**
**PRECIOS MAYORISTAS DE ZANAHORIA $/UNIDAD**
**(PROMEDIO ANUAL EN PESOS)**

Fuente: Elaboración propia en base a ODEPA.

**CUADRO 7.11.2.2-2**
**ANÁLISIS DE PRECIOS DEL MERCADO DE ZANAHORIA**

| Mercado minorista zanahoria | Precio ($/kg) |
|---|---|
| Precio Prom. consumidor | 607 |
| Flete (*) | 0 |
| Margen de comercialización | 182 |
| Precio producto puesto en feria | 425 |

(*): El Valor promedio del flete se ha estimado en $20/kg del producto transportado, considerando como referencia en el cálculo que 1 kg zanahoria = 7 unidades.

Fuente: Elaboración propia.

### 7.11.2.3. Choclo

El choclo se constituye como la hortaliza con mayor superficie de cultivo dentro del país, cubriendo 9.727,1 ha registradas para el año 2014-2015, lo que representa un 14% del total de superficie plantada de hortalizas a nivel nacional según el informe anual de estadísticas agropecuarias (INE, 2014).

Según antecedentes aportados a través del VII Censo Nacional Agropecuario, en la temporada 2006/07, la superficie cultivada por choclo a nivel nacional fue de aproximadamente 10.500 ha. Las mayores superficies destinadas a este cultivo se presentan en la Región

Metropolitana, con un 32,5% del área total cultivada en el país, mientras que en la región de Antofagasta, en donde se ubica el área de estudio, la superficie cultivada corresponde a 158,2 ha apenas un 1,5% del total. En el Cuadro 7.7.2.3-1 se presentan los datos de superficie sembrada de choclo tanto para la temporada 2006/2007 (datos censo agropecuario 2007, todas las regiones), como para la temporada 2014/2015 (informe anual INE 2014).

**CUADRO 7.11.2.3-1**
**SUPERFICIE SEMBRADA DEL CHOCLO A NIVEL REGIONAL**

| Regiones | Superficie (ha) Periodo 2006 – 2007[(1)] | Superficie Total (%) | Superficie (ha) Periodo 2014 – 2015[(2)] | Superficie Total (%) |
|---|---|---|---|---|
| **Arica y Parinacota** | 1.001,5 | 9,54 | 879,9 | 9,0 |
| **Atacama** | 44,8 | 0,43 | 27,4 | 0,3 |
| **Coquimbo** | 608,1 | 5,79 | 607,7 | 6,2 |
| **Valparaíso** | 969,5 | 9,23 | 1.062,2 | 10,9 |
| **Metropolitana** | 3.295,0 | 31,38 | 3.025,6 | 31,1 |
| **O'Higgins** | 1.580,4 | 15,05 | 1.304,8 | 13,4 |
| **Maule** | 1.785,3 | 17,00 | 1.622,9 | 16,7 |
| **Biobío** | 757,2 | 7,21 | 753,5 | 7,7 |
| **Araucanía[(3)]** | - | - | 105,5 | 1,1 |
| **Resto del País** | 457,7 | 4,36 | 337,7 | 3,5 |
| **Total general** | 10.499,49 | 100,00 | 9.727,1 | 100,0 |

(1) Cifras del VIII Censo Nacional Agropecuario, INE 2007
(2) Cifras boletín anual agropecuario INE, periodo 2014/15
(3) Hasta el año 2012 la región de La Araucanía estuvo incluida en el Resto país

Fuente: INE.

La producción de choclo hoy en día se divide en "tradicional" y "maíz dulce", con todas las variantes que estas presentan. El maíz dulce cuenta con variedades tempranas que permiten salir al mercado a fines de octubre; sin embargo, cuando comienza la cosecha del choclo tradicional ("diente de caballo"), el precio del maíz dulce baja.

El maíz dulce se caracteriza por una mazorca más pequeña que la del maíz tradicional, sus cualidades organolépticas han ido insertándose dentro de los gustos del consumidor chileno, principalmente ante la ampliación de la oferta gastronómica del país, producto de la presencia considerable de migrantes que utilizan cotidianamente este producto. Los rendimientos de estos dos tipos de choclo también difieren, ya que el maíz dulce se asocia a una planta de menor tamaño, que admite una mayor densidad de siembra que el tradicional. De hecho, en el choclo dulce para agroindustria se estiman rendimientos del orden de las 50 mil a 60 mil unidades/ha y para el maíz choclero tradicional, con mazorca de mayor tamaño, se ubicarían en torno a 40 mil unidades/ha.

Cabe destacar que las variedades de maíz dulces han ido cobrando gran importancia en la producción nacional, logrando posicionarse entre el 25 y el 30% de la superficie nacional cultivada. Esto considerando que sus características fisiológicas le otorgan características adaptativas especiales para su consumo como producto congelado y para su venta como primor para consumo fresco.

En términos generales, el choclo se transa durante todo el año en los mercados mayoristas, pero los volúmenes más importantes tienen lugar entre enero y abril, período que coincide con los precios más bajos. Por ejemplo, en agosto de 2015 el choclo como producto primor mantuvo un precio promedio que bordeó los $370/unidad, y en febrero del 2016 descendió a $ 95,5/unidad. Tal como se aprecia en el Cuadro 7.11.2.3-2.

**CUADRO 7.11.2.3-2**
**PRECIOS MAYORISTAS DEL CHOCLO ($/UNIDAD)**
**(PESOS REALES SIN IVA CON EL IPC DEL 10/2016)**

| Año | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Prom * |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2006** | 122,46 | 41,08 | 57,61 | 64,45 | 84,48 | 118,36 | 161,20 | 148,66 | 130,50 | 135,35 | 132,15 | 85,04 | 148,10 |
| **2007** | 116,11 | 55,21 | 70,24 | 67,73 | 92,50 | 125,83 | 147,32 | 154,17 | 124,34 | 109,78 | 109,75 | 86,63 | 138,33 |
| **2008** | 162,06 | 68,45 | 78,18 | 87,80 | 93,73 | 127,53 | 184,21 | 210,53 | 185,50 | 168,54 | 156,04 | 131,66 | 167,36 |
| **2009** | 186,03 | 105,23 | 91,51 | 65,51 | 91,74 | 92,09 | 185,32 | 201,29 | 252,69 | 181,72 | 170,04 | 147,71 | 175,13 |
| **2010** | 118,58 | 64,19 | 55,97 | 74,19 | 74,50 | 99,94 | 157,28 | 270,18 | 196,02 | 145,74 | 167,51 | 96,55 | 152,85 |
| **2011** | 136,39 | 55,73 | 84,10 | 82,23 | 97,47 | 167,81 | 157,88 | 256,71 | 296,12 | 228,96 | 143,70 | 115,40 | 174,89 |
| **2012** | 181,34 | 117,34 | 100,99 | 78,42 | 76,43 | 119,78 | 238,35 | 298,20 | 263,02 | 209,33 | 177,83 | 156,71 | 187,31 |
| **2013** | 182,21 | 80,48 | 78,70 | 70,95 | 94,93 | 225,72 | 242,47 | 208,23 | 166,98 | 201,80 | 201,75 | 161,20 | 173,19 |
| **2014** | 165,26 | 86,32 | 103,05 | 104,84 | 118,18 | 170,59 | 205,72 | 302,28 | 299,89 | 296,26 | 238,31 | 154,55 | 197,46 |
| **2015** | 185,67 | 138,73 | 137,42 | 108,98 | 134,58 | 211,79 | 254,48 | 369,54 | 342,16 | 222,48 | 234,73 | 180,48 | 216,22 |
| **2016** | | 95,56 | 97,76 | 106,74 | 117,50 | 141,26 | 210,23 | 252,65 | 197,37 | 213,92 | | | 155,50 |

*: Precios Ponderados

Fuente:Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA.

En términos generales a nivel nacional, la comercialización de choclo en el mercado mayorista se realiza principalmente en Lo Valledor de Santiago y las agroindustrias de congelado, siendo esta comercialización relativamente simple al considerar sólo los costos de cosecha y flete, además de la comisión por parte del comerciante mayorista en el caso de productos para consumo en fresco.

En cuanto al comportamiento de los precios a nivel nacional, desde el año 2006 estos se han visto fluctuantes con una leve tendencia al alza. En el Gráfico 7.11.2.3-1 se presenta la evolución de precios promedios anuales del choclo entre los años 2003 y 2014.

La producción de esta hortaliza en el área de estudio se basa únicamente en el choclo Calameño o Morocho Blanco, que corresponde a un ecotipo local ampliamente difundido en la zona y adaptado a las condiciones de escases hídrica y salinidad del agua de riego y de

suelos. Este se cultiva principalmente para autoconsumo, comercializando los excedentes en el mercado local y venta directa en el predio. Este choclo sale para la venta en febrero – marzo y desplaza en competencia al choclo que llega de afuera, dada su gran calidad en tamaño y sabor. Según los datos recopilados en terreno, el precio promedio de comercialización del choclo es de $280/unidad, considerando que en feria se vende a $400/Un., marginando un 30% el intermediario. Este valor es bastante más elevado si se compara con los precios mayoristas para el mercado nacional que bordea los $83/unidad.

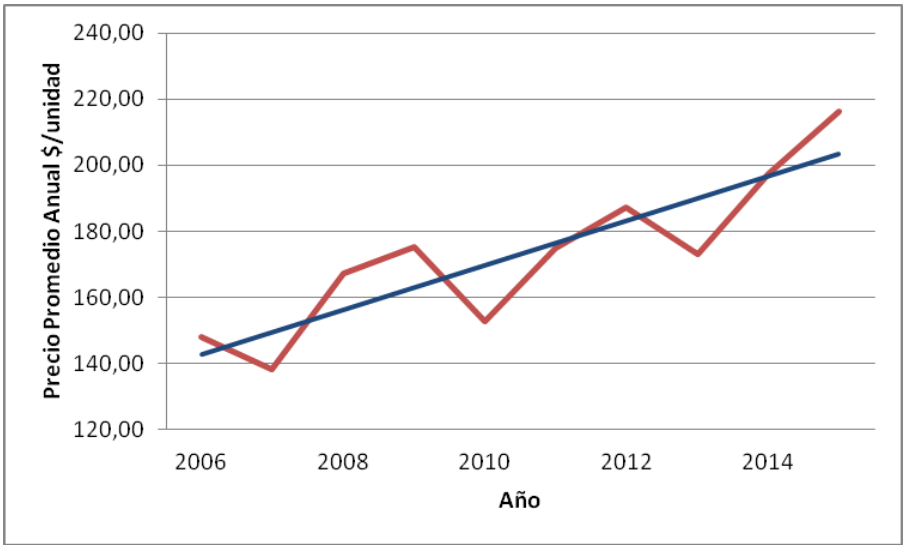



**GRÁFICO 7.11.2.3-1**
**EVOLUCIÓN PRECIOS MAYORISTAS DEL CHOCLO ($/UNIDAD)**

Fuente: Elaboración propia a partir de ODEPA.

Los datos expresados en el Cuadro 7.11.2.3-2 se detallan resultados del cálculo de los márgenes de comercialización para el choclo en el mercado local. Se utiliza como precio al consumidor el precio en la Feria Rotativa de Calama, el cual corresponde a $400/unidad. Cabe destacar que existe un gasto por concepto de flete muy bajo, pero sí un margen de comercialización del 30%.

**CUADRO 7.11.2.3-2**
**ANÁLISIS DE PRECIOS DEL MERCADO LOCAL DE CHOCLO**

| Mercado Minorista Choclo | Precio ($/unidad) |
|---|---|
| Precio Prom. al consumidor | 400 |
| Flete | 5 |
| Margen de Comercialización | 115 |
| Precio producto puesto en predio | 280 |

Fuente: Elaboración propia.

7.11.2.4. Haba

El haba es la séptima legumbre de grano en importancia en el mundo y la típica leguminosa de doble utilización, usándose tanto para alimentación humana por su gran aporte de proteína a la dieta, como también para alimentación animal. Además tiene un importante rol en la fijación de nitrógeno atmosférico, estimado en 100 – 120 Kg N ha-1 (CONFALONE, 2008). Es por este último atributo, que el haba es utilizada en rotación de cultivos, ya que además de aportar nitrógeno, reduce enfermedades y plagas, permite reducir malezas gramíneas y mejora la retención de humedad del suelo (MERA, 1999).

En Chile, la producción de haba para fresco está principalmente en manos de pequeños agricultores, quienes cultivan en zonas rurales con poca tecnología y uso de insumos agrícolas, lo que trae por consecuencia, bajos rendimientos, lo que complementado con una época muy acotada de producción al año, restringe la oportunidad de obtener altos precios por su producción. Una alternativa para este producto es la industrialización, traducida principalmente en venta de habas congeladas y en algunos casos, en especial durante el último tiempo, comercializados dentro de la categoría de productos para consumo inmediato o "productos cuarta gama".

En el país, el cultivo del haba, tal como se aprecia en el Cuadro 7.11.2.4-1, las superficies de cultivo se extienden principalmente entre la región de Coquimbo y Metropolitana, siendo esta última la de mayor preponderancia, con más del 45% del total de la superficie de cultivo, lo cual se explica principalmente por la alta demanda del sector urbano, tanto del producto fresco, como procesado. Sin embargo, como se aprecia en el Cuadro en cuestión, las superficies han experimentado una disminución considerable, producto principalmente de elección de cultivos de mayor rentabilidad, que idealmente posean un requerimiento hídrico y de mano de obra menor al del haba, que en conjunto, limita drásticamente la posibilidad de invertir en este tipo de cultivo.

Por otro lado, los precios de comercialización de este cultivo son determinados principalmente por su venta en fresco, siendo los terminales agrícolas de la región Metropolitana, los principales puntos de venta. En este sentido, los precios en el contexto

mayorista han experimentados alzas considerables durante la última década, dados principalmente por la menor oferta del producto, que ha llevado incluso a adquirir productos de otras regiones, principalmente de Coquimbo y Valparaíso, con el costo que su transporte implica, lo cual claramente influirá en el precio final en que se tranzará el producto. En el Cuadro 7.11.2.4-2 es posible observar la serie de precios del haba durante los último 10 años, de igual forma, en el Gráfico 7.11.2.4-1 se logra apreciar claramente la tendencia al alza que han experimentado los precios del producto.

**CUADRO 7.11.2.4-1**
**SUPERFICIE SEMBRADA DE HABA A NIVEL REGIONAL**

| Regiones | Superficie (ha) Periodo 2006 – 2007[(1)] | Superficie Total (%) | Superficie (ha) Periodo 2014 – 2015[(2)] | Superficie Total (%) |
|---|---|---|---|---|
| **Arica y Parinacota** | 18,4 | 0,97 | 23,9 | 1,47 |
| **Atacama** | 164,2 | 8,64 | 88,4 | 5,43 |
| **Coquimbo** | 400,2 | 21,05 | 288 | 17,70 |
| **Valparaíso** | 123,9 | 6,52 | 121,5 | 7,47 |
| **Metropolitana** | 821,3 | 43,20 | 738 | 45,36 |
| **O'Higgins** | 55,6 | 2,92 | 108,7 | 6,68 |
| **Maule** | 107,1 | 5,63 | 56,2 | 3,45 |
| **Biobío** | 56,4 | 2,97 | 26,2 | 1,61 |
| **Araucanía[(3)]** | | 0,00 | 65,4 | 4,02 |
| **Resto del País** | 153,9 | 8,10 | 110,6 | 6,80 |
| **Total general** | 1901 | 100,00 | 1626,9 | 100,00 |

(1) Cifras del VIII Censo Nacional Agropecuario, INE 2007
(2) Cifras boletín anual agropecuario INE, periodo 2014/15
(3) Hasta el año 2012 la región de La Araucanía estuvo incluida en el Resto país

Fuente: INE.

**CUADRO 7.11.2.4-2**
**PRECIOS MAYORISTAS DE HABA ($/kg)**
**(PESOS REALES SIN IVA CON EL IPC DEL 10/2016)**

| Año | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Prom * |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2006** | - | - | 166,67 | 186,04 | 190,89 | 178,97 | 138,25 | 138,19 | 155,23 | 80,10 | 92,40 | 198,08 | 152,48 |
| **2007** | 165,71 | - | - | 242,33 | 201,58 | 202,95 | 212,89 | 218,29 | 207,58 | 148,11 | 93,85 | 173,87 | 186,72 |
| **2008** | - | - | - | 244,17 | 232,59 | 195,26 | 173,48 | 141,11 | 154,26 | 110,90 | 175,61 | 350,00 | 197,49 |
| **2009** | - | - | - | 229,58 | 191,75 | 164,46 | 180,55 | 195,07 | 162,10 | 109,65 | 93,08 | 141,88 | 163,12 |
| **2010** | - | - | 171,67 | - | 237,14 | 213,17 | 205,73 | 209,21 | 187,86 | 94,91 | 105,12 | 153,12 | 175,33 |
| **2011** | - | - | - | - | 311,16 | 294,59 | 235,70 | 225,22 | 202,26 | 115,58 | 165,00 | 206,09 | 219,45 |
| **2012** | - | - | - | 354,81 | 329,50 | 336,20 | 254,44 | 239,89 | 204,36 | 143,17 | 152,10 | - | 251,81 |
| **2013** | - | - | - | 382,82 | 360,87 | 386,55 | 385,31 | 267,55 | 218,81 | 207,22 | 166,32 | 250,41 | 291,76 |
| **2014** | - | - | 394,61 | 413,94 | 395,49 | 331,88 | 298,31 | 248,87 | 229,71 | 172,53 | 170,77 | 286,15 | 294,23 |
| **2015** | 407,46 | - | 476,19 | 448,63 | 381,59 | 375,13 | 389,85 | 317,71 | 259,33 | 181,76 | 183,12 | 217,50 | 330,75 |
| **2016** | 233,39 | 280,11 | 364,18 | 386,71 | 342,20 | 309,45 | 292,42 | 274,26 | 251,87 | 189,39 | - | - | 292,40 |

*: Precios Ponderados
Fuente:Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA.

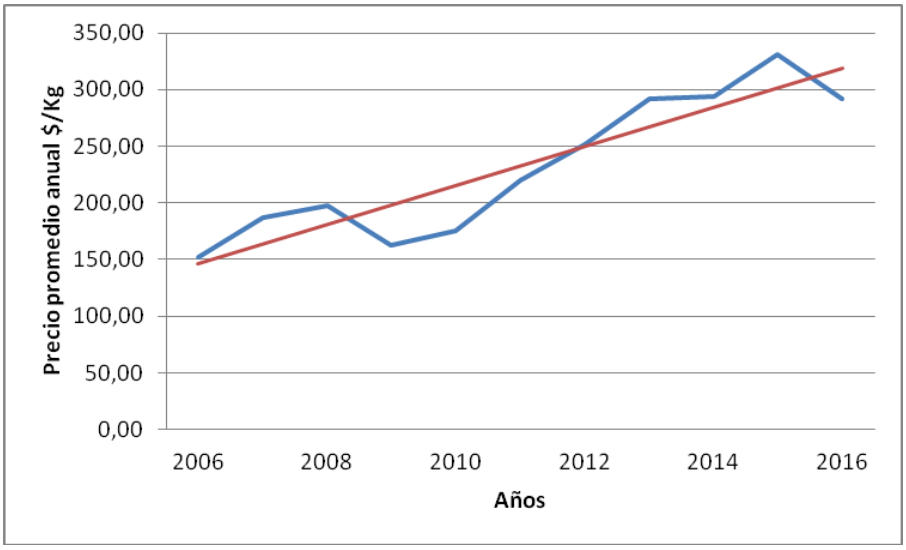



**GRÁFICO 7.11.2.4-1**
**EVOLUCIÓN PRECIOS MAYORISTAS DE HABA ($/KG)**

Fuente: Elaboración propia a partir de ODEPA.

En el área de estudio el haba se produce mayoritariamente en los pueblos y comunidades atacameñas aledañas al río Salado. No es un cultivo que tolere las sales del agua como en Calama, ni las condiciones tóxicas de partículas en el viento de Chiu Chiu y Lasana, por lo que se encuentra en pueblos como Ayquina, Paniri y Turi, donde la calidad del agua sí lo permite. Este producto se vende a nivel local y eventualmente se transporta a Calama. El precio informado en terreno es de aproximadamente $30.000/saco 40 kg, por lo que el precio aproximado del kg es de $750 puesto en predio, según se muestra en el Cuadro 7.11.2.4-3.

**CUADRO 7.11.2.4-3**
**ANÁLISIS DE PRECIOS DEL MERCADO LOCAL DE HABA**

| Mercado Minorista Choclo | Precio ($/unidad) |
|---|---|
| Precio Prom. al consumidor | 1.000 |
| Flete | 30 |
| Margen de Comercialización | 220 |
| Precio producto puesto en predio | 750 |

Fuente: Elaboración propia.

### 7.11.2.5. Acelga

El cultivo de acelga a lo largo del país cubre alrededor de 600 ha registradas para el año 2014-2015, lo que representa un 0,86% del total de superficie plantada de hortalizas a nivel nacional según el informe anual de estadísticas agropecuarias (INE, 2014).

Las mayores superficies destinadas a este cultivo se presentan en la Región Metropolitana, con un 60,4% del área total cultivada en el país (INE, 2014), mientras que en la región de Antofagasta, en donde se ubica el área de estudio, según datos del último Censo Agropecuario, la superficie cultivada corresponde a 3,64 ha, apenas un 1,0% del total de la superficie destinada a cultivos hortícolas de la región (INE, 2007).

En el Cuadro 7.11.2.5-1 se presentan los datos de superficie sembrada con acelga tanto para la temporada 2006/2007 (datos censo agropecuario INE 2007), como para la temporada 2011/2012 (informe anual agropecuario INE 2012).

**CUADRO 7.11.2.5-1**
**SUPERFICIE SEMBRADA DE ACELGA A NIVEL REGIONAL**

| Regiones | Superficie (ha) Periodo 2006 – 2007 (1) | Superficie Total (%) | Superficie (ha) Periodo 2014 – 2015 (2) | Superficie Total (%) |
|---|---|---|---|---|
| **Arica y Parinacota** | 3 | 0,45 | 4,7 | 0,78 |
| **Atacama** | 14,2 | 2,13 | 11,7 | 1,95 |
| **Coquimbo** | 29,6 | 4,44 | 24,3 | 4,05 |
| **Valparaíso** | 83,6 | 12,54 | 51,3 | 8,55 |
| **Metropolitana** | 395,9 | 59,38 | 362,5 | 60,43 |
| **O'Higgins** | 20,7 | 3,10 | 20,2 | 3,37 |
| **Maule** | 31,7 | 4,75 | 18,6 | 3,10 |
| **Biobío** | 29,4 | 4,41 | 31 | 5,17 |
| **Araucanía (3)** | - | 0,00 | 57,6 | 9,60 |
| **Resto del País** | 58,6 | 8,79 | 18 | 3,00 |
| **Total general** | 666,7 | 100,00 | 599,9 | 100,00 |

(1) Cifras del VIII Censo Nacional Agropecuario, INE 2007
(2) Cifras boletín anual agropecuario INE, periodo 2014/15
(3) Hasta el año 2012 la región de La Araucanía estuvo incluida en el Resto país

Fuente: INE.

En términos generales, la acelga se transa durante todo el año en los mercados mayoristas, pero los volúmenes más importantes tienen lugar entre enero y abril. En el Cuadro 7.11.2.5-2 se observa la evolución de los precios en el mercado mayorista, por atado de acelga, en los últimos 10 años, según información entregada por ODEPA.

En cuanto al comportamiento de los precios, desde el año 2003 estos se han visto con una clara tendencia al alza, sin grandes fluctuaciones de precios durante el año lo cual se puede observar en el Gráfico 7.11.2.5-1.

**CUADRO 7.11.2.5-2**
**PRECIOS MAYORISTAS DE LA ACELGA ($/ATADO)**
**(PESOS REALES SIN IVA CON EL IPC DEL 10/2016)**

| Año | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Prom * |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2006** | 545,72 | 274,61 | 390,34 | 347,75 | 284,35 | 274,88 | 261,86 | 231,25 | 221,46 | 249,68 | 464,62 | 378,97 | 439,82 |
| **2007** | 523,88 | 265,68 | 262,44 | 230,30 | 222,04 | 441,28 | 537,54 | 500,15 | 349,35 | 211,93 | 326,06 | 390,86 | 465,65 |
| **2008** | 653,38 | 422,49 | 417,32 | 349,82 | 296,80 | 271,25 | 331,90 | 305,15 | 262,74 | 284,07 | 633,48 | 530,80 | 477,80 |
| **2009** | 403,87 | 369,14 | 430,30 | 412,57 | 347,90 | 280,03 | 253,11 | 284,73 | 268,23 | 246,50 | 326,83 | 320,67 | 414,05 |
| **2010** | 389,74 | 363,40 | 379,15 | 344,00 | 338,72 | 333,32 | 356,28 | 398,94 | 318,65 | 351,01 | 400,34 | 317,33 | 437,44 |
| **2011** | 578,18 | 424,61 | 466,03 | 385,43 | 331,39 | 346,88 | 404,49 | 432,73 | 356,23 | 347,55 | 482,61 | 489,21 | 482,55 |
| **2012** | 620,42 | 551,03 | 519,02 | 425,25 | 349,35 | 349,80 | 358,46 | 463,85 | 406,15 | 407,06 | 583,58 | 536,16 | 526,03 |
| **2013** | 619,17 | 598,67 | 697,38 | 610,78 | 488,77 | 509,59 | 551,84 | 529,99 | 421,93 | 463,02 | 568,52 | 547,78 | 624,20 |
| **2014** | 934,02 | 532,80 | 581,04 | 561,65 | 553,78 | 625,93 | 695,01 | 704,22 | 744,35 | 654,93 | 642,30 | 873,50 | 706,30 |
| **2015** | 905,02 | 891,74 | 961,85 | 825,95 | 764,42 | 749,52 | 829,32 | 859,01 | 828,03 | 835,73 | 915,37 | 879,71 | 893,33 |
| **2016** | - | 1.168,43 | 998,70 | 894,72 | 853,46 | 784,37 | 828,35 | 876,14 | 791,68 | 756,86 | - | - | 899,78 |

*: Precios Ponderados

Fuente: ODEPA.

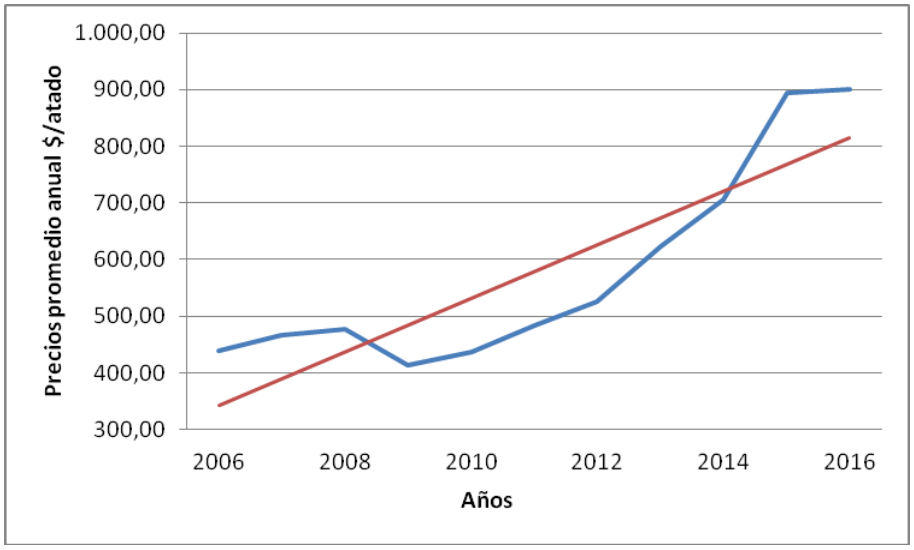



**GRÁFICO 7.11.2.5-1**
**EVOLUCIÓN PRECIOS MAYORISTAS DE LA ACELGA ($/ATADO)**
**(PESOS REALES SIN IVA CON EL IPC DEL 10/2016)**

Fuente: Elaboración propia a partir de ODEPA.

La acelga se cultiva dentro del área de estudio, en las localidades de Chiu Chiu y Lasana, donde al aire libre tiene regulares resultados por el tema del viento con partículas tóxicas de la minería, produciendo mermas por hojas quemadas. No obstante es una excelente alternativa para producción en invernadero, tal como la lechuga, rábanos, cilantro y espinacas, posibles de hacer durante todo el año en estas condiciones. El precio registrado en la Feria Rotativa de Calama es de $700/atado equivalente a 1 kg de peso, por lo que para el análisis de

precios se considerará un margen de comercialización del 30% una vez descontado el costo del flete, porcentaje informado en terreno por agricultores que entregan en feria (Cuadro 7.11.2.5-3).

**CUADRO 7.11.2.5-3**
**ANÁLISIS DE PRECIOS DEL MERCADO LOCAL DE ACELGA**

| Mercado Minorista de Acelga | Precio ($/atado) |
|---|---|
| Precio Prom. consumidor | 700 |
| Flete | 20 |
| Margen de comercialización | 204 |
| Precio producto puesto en predio | 476 |

(*): Valor estimado considera 1 kg acelga = 1 atado y un valor promedio del flete en 20/kg.

Fuente: Elaboración propia.

### 7.11.2.6. Quínoa

La quinua (ChenopodiumquinoaWilld) es una planta cuya adaptabilidad a diversos climas y tipos de suelos le permiten ser cultivada desde el altiplano hasta el nivel del mar, en condiciones húmedas y desérticas, asociada a un bajo costo de producción. En Chile se cultiva en ambientes tan diferentes como el altiplano de la Región de Tarapacá, el secano costero de la Región de O'Higgins y los trumaos de la Región de La Araucanía, siendo utilizada para el autoconsumo y la exportación (ODEPA, 2013).

El cultivo de Quínoa a lo largo del país cubre alrededor de 1.430 ha registradas por el censo agropecuario 2007, de las cuales las mayores superficies destinadas a este cultivo se presentan en la Región de Tarapacá, con un 95% del área total cultivada en el país, le sigue la región de O'Higgins, con poco más del 4% de la superficie nacional, localizadas principalmente en la zona del secano costero de la región, en donde se desarrolla este cultivo casi exclusivamente bajo régimen de secano. Por otro lado, la región de Antofagasta, en donde se ubica el área de estudio, la superficie cultivada corresponde a 7,67 ha, apenas un 0,5% del total de la superficie cultivada de quínoa en el país, sin embargo, según lo expresado por algunos actores de la escena hortofrutícola del área de estudio, este cultivo tiene un alto potencial de ser explotado tanto, desde el punto adaptativo, propio de la especie, como desde el punto de vista comercial. En el Cuadro 7.11.2.6-1 se presentan los datos de superficie sembrada de Quínoa para la temporada 2006/2007.

**CUADRO 7.11.2.6-1**
**SUPERFICIE SEMBRADA DE QUINOAA NIVEL REGIONAL, TEMPORADA 2006-2007**

| Regiones | Quínoa Superficie (ha) | Superficie Total (%) |
|---|---|---|
| **XV de Arica y Parinacota** | 4,00 | 0,28 |
| **I de Tarapacá** | 1356,69 | 95,01 |
| **II de Antofagasta** | 7,67 | 0,54 |
| **III de Atacama** | - | 0,00 |
| **IV de Coquimbo** | 0,90 | 0,06 |
| **V de Valparaíso** | - | 0,00 |
| **RM** | - | 0,00 |
| **VI de O'Higgins** | 58,00 | 4,06 |
| **VII del Maule** | - | 0,00 |
| **VIII del Bío-Bío** | 0,70 | 0,05 |
| **IX de La Araucanía** | - | 0,00 |
| **X de Los Lagos** | - | 0,00 |
| **XI Aysén** | - | 0,00 |
| **XII de Magallanes y Antártica** | - | 0,00 |
| **XIV de Los Ríos** | - | 0,00 |
| **Total país** | 1427,96 | 100,00 |

Fuente:Elaboración propia a partir de información del Censo Nacional Agropecuario, INE 2007.

Hacia el año 2007, fecha en que se realizó el último Censo Agropecuario, no se contabilizaba superficie cultivada con quínoa en la comuna de Calama, siendo la zona más cercana, con referencias del cultivo, San Pedro de Atacama. No obstante, desde entonces, el escenario ha ido cambiando lentamente. Si bien la experiencia ganada en el área de estudio, aún se encuentra en niveles de experimentación y análisis, durante la presente consultoría, se ha podido recabar información, por ejemplo, de cultivos de quínoa en la zona de Chiu-Chiu, en donde los agricultores han potenciado el cultivo, mediante la selección de variedades más adaptadas a las condiciones de suelo y bajo un régimen de riego, con aguas de buena calidad, extraídas desde el río Loa; a diferencia de lo que podría suceder en Calama, en donde el recurso hídrico para riego cuenta con altos niveles de salinidad y otros contaminantes de origen mineral, que dificultarían el desarrollo óptimo del cultivo.

Sin embargo, estas experiencias solo son a nivel de prueba que algunos agricultores están haciendo con instituciones de desarrollo en la zona, pero que aun no constituyen un negocio, dado que no está definido el aspecto de comercialización, donde y a quien vender. Por este motivo no se presenta un análisis de mercado local, sin embargo, queda este cultivo considerado a evaluar para una Situación Con Proyecto en la zona.

### 7.11.2.7. Ovinos

En el año 2007 el INE a través del VII Censo Nacional Agropecuario informa que el ganado ovino asciende a 3.888.485 cabezas, lo que implica un aumento del 5,2% respecto de lo censado, por la misma entidad, en la temporada 1996/97. Por otro lado, según la estimación dada por la Encuesta de Ganado Ovino realizada el año 2015 para las regiones de O'Higgins a Magallanes, el número de cabezas de ganado ovino disminuyó en un 25,1%, tal como se aprecia en el Cuadro 7.11.2.7-1. Este retroceso obedece principalmente a problemas de rentabilidad y a las acciones de depredadores animales y abigeato.

**CUADRO 7.11.2.7-1**
**EXISTENCIA Y VARIACIÓN DE GANADO OVINO, SEGÚN REGIÓN**
**(AÑOS 2007, 2010, 2013 Y 2015)**

| Región | Existencias de ganado ovino (número de cabezas)[1] | | | | Variación (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| | Año | | | | |
| | 2007 | 2010 | 2013 | 2015 | 2015/2007 |
| Total | 2.863.612 | 2.660.373 | 2.428.310 | 2.185.449 | -23,7 |
| O'Higgins | 119.992 | 149.386 | 122.382 | 131.622 | 9,7 |
| Maule | 96.743 | 80.404 | 79.615 | 75.693 | -21,8 |
| Biobío | 43.024 | 41.789 | 37.407 | 29.933 | -30,4 |
| La Araucanía | 38.718 | 32.657 | 34.472 | 22.706 | -41,4 |
| Los Ríos | 17.690 | 18.208 | 30.649 | 25.746 | 45,5 |
| Los Lagos | 65.134 | 55.262 | 44.838 | 34.673 | -46,8 |
| Aysén | 280.400 | 242.528 | 243.850 | 216.477 | -22,8 |
| Magallanes [2] | 2.201.911 | 2.040.139 | 1.835.097 | 1.648.599 | -25,1 |

1 Rebaños de 60 y más cabezas según región y provincia seleccionada (2015)
2 Excluye provincia Antártica Chilena

Fuente: Estadística ODEPA

Como se puede observar, la información de existencias, dada la escasa masa ganadera ovina de la región, no considera sus estadísticas de producción. Al mismo tiempo se debe mencionar que la ganadería en el área de estudio es en su mayoría para autoconsumo, existiendo venta totalmente informal y a nivel local en los pueblos y comunidades atacameñas del Salado, eventualmente llevan algunos animales a Calama. No existe matadero en Calama, por lo que no es permitido por el SAG vender carne sin resolución. Solo existe permiso de transporte terrestre de animales por el SAG.

Los precios registrados en Chile durante 2015, continuando con la tendencia que se inició a mediados de 2010, alcanzaron niveles históricamente altos, tal como se aprecia en el Cuadro 7.11.2.7-2. En el Gráfico 7.11.2.7-1 se presenta la evolución del precio promedio al productor de cordero entre los años 2006 y 2015, donde se aprecia una tendencia al alza del precio del ganado ovino hasta el 2012 y una caída drástica en el año siguiente, la cual fue revertida hacia el año 2014, tendencia que se ha mantenido hasta la actualidad.

**CUADRO 7.11.2.7-2**
**PRECIOS A PRODUCTOR CORDERO ($/KG)**
**(PESOS NOMINALES SIN IVA)**

| Año | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Prom |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2006** | | 617,1 | 670,4 | 689,4 | 744,6 | 704,7 | 705,2 | 660,5 | 620,8 | 579,9 | 550,8 | 594,9 | 648,9 |
| **2007** | 675,5 | 574,4 | 664,6 | 736,1 | | 825,6 | 800,0 | | 1.003,1 | 605,9 | 600,0 | 593,2 | 707,9 |
| **2008** | 500,0 | 505,5 | | | | | | | 1.200,0 | 681,4 | | | 721,7 |
| **2009** | | | | | | | | | 600,0 | 720,2 | 583,7 | 808,5 | 678,1 |
| **2010** | 637,7 | 900,0 | 733,3 | 509,4 | 597,4 | | | | 1.000,0 | 831,1 | 933,1 | | 767,8 |
| **2011** | | | | | | | | | | 1.050,0 | | 1.000,0 | 1.025,0 |
| **2012** | 1.000,0 | 1.150,0 | | | | 1.460,0 | 1.275,0 | | 1.163,7 | 769,9 | 700,0 | 1.050,0 | 1.071,1 |
| **2013** | 720,3 | 607,9 | | | | | | | | | | | 664,1 |
| **2014** | | | 1.519,8 | | 1.000,0 | 1.036,9 | 1.100,0 | | 941,5 | 1.024,8 | | | 1.103,8 |
| **2015** | 829,4 | | | 1.059,4 | | | | | 1.000,0 | | | | 963,0 |

Fuente: ODEPA con información de la Feria Tattersall Santiago.

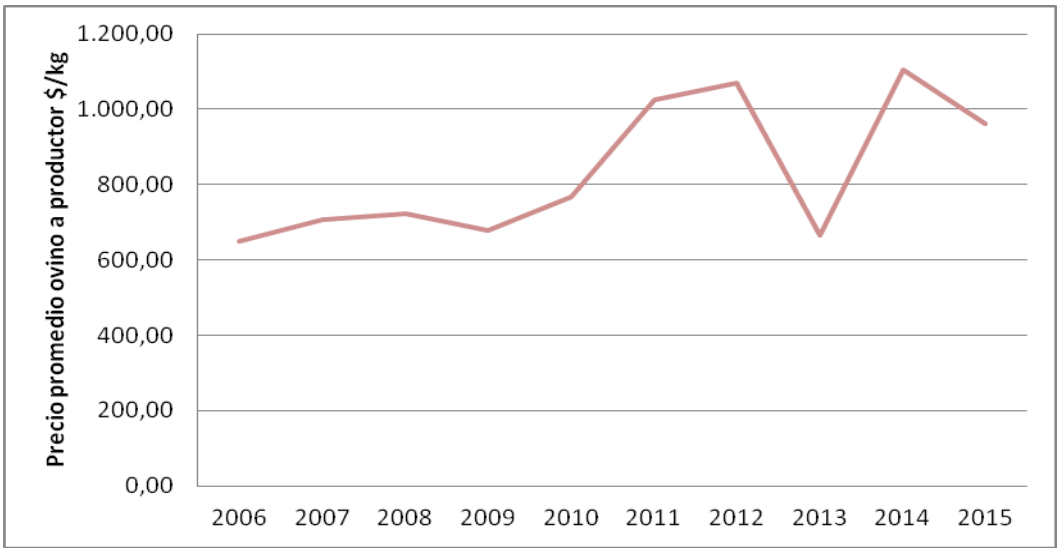



**GRÁFICO 7.11.2.7-1**
**EVOLUCIÓN PRECIO ANUAL PROMEDIO AL PRODUCTOR DE OVINO DE CONSUMO ($/KG)**

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de ODEPA.

Según los datos recopilados en terreno a través de entrevistas, el precio de referencia de un cordero bordea los $100.000. Si se considera un animal promedio para consumo de 35 kg, obtenemos un valor promedio aproximado de $2.857/kg vivo. Si esto se compara con el valor de los precios al productor para el mercado nacional es bastante más elevado, ya que este último promedia los $963/kg promedio 2015 según ODEPA. Esto se debe a que en el área de estudio los costos de producción son muchísimo más elevados que en el resto de las regiones.

El Cuadro 7.11.2.7-3 se presenta los márgenes de comercialización estimativos para la carne ovina bajo el supuesto que exista formalidad de mercado ante una eventual Situación Con Proyecto. El costo del flete considera el transporte desde las localidades más alejadas (Ayquina, Turi, Paniri, etc.) que son las que más producen.

**CUADRO 7.11.2.7-3**
**ANÁLISIS DE PRECIOS DE LA CARNE OVINA**

| Mercado Productor Carne Ovina | Precio ($/kg) |
|---|---|
| Precio Prom. Mayorista | 2.857 |
| Flete | 30 |
| Derecho a feria | 7 |
| Precio producto puesto en predio | 2.820 |

Fuente: Elaboración propia.

## 7.11.3. Consideraciones Finales del Estudio de Mercado

Las explotaciones agrícolas en el área de estudio se concentran en dos grandes grupos de cultivos: forrajeras (representadas exclusivamente por la alfalfa), los cereales, casi en su totalidad representados por maíz, específicamente de la variedad “morocho blanco” y las hortalizas, representadas en gran parte por la zanahoria, betarraga, acelga, lechuga, etc. Sin embargo, a partir del trabajo conjunto de los agricultores, algunos de ellos agrupados en organizaciones de productores, indígenas, entre otros, con las entidades estatales, tales como el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), a través de sus programas y herramientas de apoyo a los agricultores, han logrado incorporar paulatinamente, nuevas alternativas productivas en la zona, las cuales, han logrado conservar y diversificar el rubro agrícola en la zona.

En términos generales la actividad agropecuaria en el área de estudio mantiene un nicho de comercialización importante en el mercado local, potenciado principalmente por la actividad turística y minera, además de la población permanente en la comuna, debido esencialmente a la condición de aislamiento territorial en que se encuentra.

Uno de los rubros importantes de la zona y que se proyecta de buena forma en el mercado local, es la producción de forraje, específicamente el de alfalfa, el cual esta interrelacionado con las proyecciones de mercado del rubro ganadero. Estos dos rubros hoy en día se perciben con una tendencia productiva decreciente, que sólo alcanza a cubrir un interés para autoconsumo, debido esencialmente a la falta de agua y las falencias en el manejo de ambas producciones. De cambiar esta situación, ambas producciones podrían insertarse en el mercado local, aprovechando la demanda constante de carne que ejerce el sector turístico en la zona, destacándose la proyección positiva que puede llegar a tener la producción de ganado ovino, común en la zona.

A su vez, el mercado del choclo sigue siendo importante, no solo por la superficie que actualmente abarca, sino también por dos factores que hacen de este y otros productos del sector hortícola, una alternativa altamente rentable, siempre y cuando se cuente con las condiciones para desarrollarlas; como los son: el constante flujo turístico en la zona y el oscilante pero no menos importante tránsito de trabajadores de empresas mineras. En ambos casos, la demanda alimenticia es prácticamente constante y los encargados de proporcionarles este servicio, verán con buenos ojos el contar con oferentes locales de hortalizas frescas, diversificando el abanico de posibilidades de compra y los precios de los productos, que en la actualidad se deben transportar desde otras zonas de la región e incluso de más allá de estas fronteras, lo cual repercute directamente en los precios y en muchos caso en la calidad final del producto que se adquiere.

Mención especial se hace para el cultivo de la quínoa, que si bien, tal como se menciona en apartados anteriores, no se trata de un cultivo masificado en la zona de estudio, si posee características especiales, tanto desde el punto de vista de su adaptabilidad edafoclimática, como desde la perspectiva cultural y nutricional. Siendo un cultivo ancestralmente conocido por las comunidades indígenas de la zona, que hasta entonces ha dejado de ser cultivado en las proporciones en que lo hacían generaciones anteriores de estas comunidades, no obstante, se apuesta por su reincorporación en la dieta, debido a las numerosas propiedades nutricionales que posee. En este sentido, gracias a iniciativas como las desarrolladas por FIA, que buscan valorizar las variedades de quínoa cultivadas en la zona, a través de la caracterización de sus propiedades nutraceúticas, elaboración de productos funcionales y potenciamiento de las cadenas de comercialización, lograrán posicionar esta atractiva alternativa alimenticia en el mercado.

Por último, considerando que los productos analizados mantienen especial cabida en el mercado local, debido en parte a las implicancias que significan una condición de relativo aislamiento territorial, es importante tener presente las condicionantes que significan una demanda acotada de productos agrícolas en la comuna. En este contexto resulta necesario en estudios posteriores determina las posibilidades de expansión productiva por rubro, de manera de no saturar el mercado con una sobreoferta de productos que eventualmente tendería a reducir los precios ofertados.

# CAPÍTULO 8

# CARACTERIZACIÓN DE INFRAESTRUCTURA ACTUAL DE RIEGO

# 8. CARACTERIZACIÓN DE INFRAESTRUCTURA ACTUAL DE RIEGO

## 8.1. Aspectos Generales

En este capítulo se presenta el diagnóstico del estado de la infraestructura de agua para riego, asociada a 64 canales que se distribuyen en seis sectores de riego. La información entregada se ha generado a partir de la recopilación de antecedentes en campaña de terreno. La metodología constó de una inspección *in situ* en cada canal desde su bocatoma o entrega a canal derivado hasta la zona de riego, describiendo el canal de acuerdo a su estado de conservación y materiales de cada estructura, así como también las características de cada obra y singularidad, información que se acompañó con la ubicación espacial de cada sitio visitado (mediante GPS) y un registro fotográfico para cada caso.

La categoría de conservación consideradas para la descripción de los canales catastrados se fundamentó en las siguientes categorías:

Buena: canales con una sección definida, sin grietas ni filtraciones, poca o nula vegetación en su interior, materiales de construcción en buen estado;

Regular: Canal sin filtraciones, puede presentar algún tipo de deformación la sección, grietas superficiales, poca o abundante vegetación en su interior, sedimentación que permita el flujo de agua, materiales de construcción en regular estado;

Malo: Canales que pueden presentar filtraciones evidentes, sin una sección definida, materiales de construcción en mal estado, abundante vegetación en el interior que dificulte el flujo hídrico, presencia de derrumbes.

Los datos registrados fueron traspasados a una base de datos digital, a partir de la cual se pudo sistematizar la información en gabinete. A partir del análisis de la base de datos, el apoyo de imágenes satelitales y el registro fotográfico que se obtuvo, se corroboraron y corrigieron registros erróneos, de modo de analizar posteriormente antecedentes que guarden coherencia con la zona de estudio.

El catastro de canales se realizó en tres campañas, comenzando la primera el 8 de agosto 2016, finalizando el 23 de agosto de 2016; la segunda campaña se dio inicio el 7 de septiembre de 2016 y finalizó el día 16 de septiembre 2016; por último, la tercera campaña se dio inicio el 18 de julio de 2017 y termino el día 26 de julio de 2017.

A continuación, se presenta la descripción de cada zona de riego y sus canales, junto a los resultados del Sistema de Información Geográfica.

## 8.2. Zona de Riego Calama

### 8.2.1. Descripción General de la Red de Riego

Esta zona de riego consta aproximadamente de 58 km de canal de uso permanente. Se catastraron 36 canales, entre ellos canales matrices, derivados, subderivados y subsubderivados (Ver Figura 8.2.1-1); estos en general se encuentran en buen estado (73%), presentándose mayoritariamente con materiales de impermeabilización (86,6%). Es importante destacar que parte de la red cruza por la zona urbana teniendo que atravesar condominios y predios cerrados.

El Estado de conservación de los canales que componen la red, el tipo de impermeabilización de estos, y los materiales de impermeabilización asociados a las distancias calculadas se pueden observar en los Cuadros 8.2.1-1 a 8.2.1-4, respectivamente.

**CUADRO 8.2.1-1**
**TIPO CANALES, SECTOR DE RIEGO CALAMA**

| Tipo Canal | Cantidad | Distancia | |
|---|---|---|---|
| | | (m) | (%) |
| **Matriz** | 8 | 25.703,3 | 44% |
| **Derivado** | 11 | 15.826,7 | 27% |
| **Subderivado** | 7 | 9.028,0 | 16% |
| **Sub - Subderivado** | 10 | 7.515,8 | 13% |
| **Total** | 36,0 | 58.073,8 | 100% |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.1-2**
**ESTADO CANALES, SECTOR DE RIEGO CALAMA**

| Tipo Revestimiento | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 555,1 | 6,9 | 5.663,2 | 70,5 | 1.809,6 | 22,5 | 8.027,9 | 100,0 |
| **Con Impermeabilización** | 41.905,4 | 83,7 | 1.934,6 | 3,9 | 0,0 | 0,0 | 50.045,9 | 87,6 |
| **Total** | 42.460,5 | 73,1 | 7.597,8 | 13,1 | 1.809,6 | 3,1 | 58.073,8 | 89,3 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

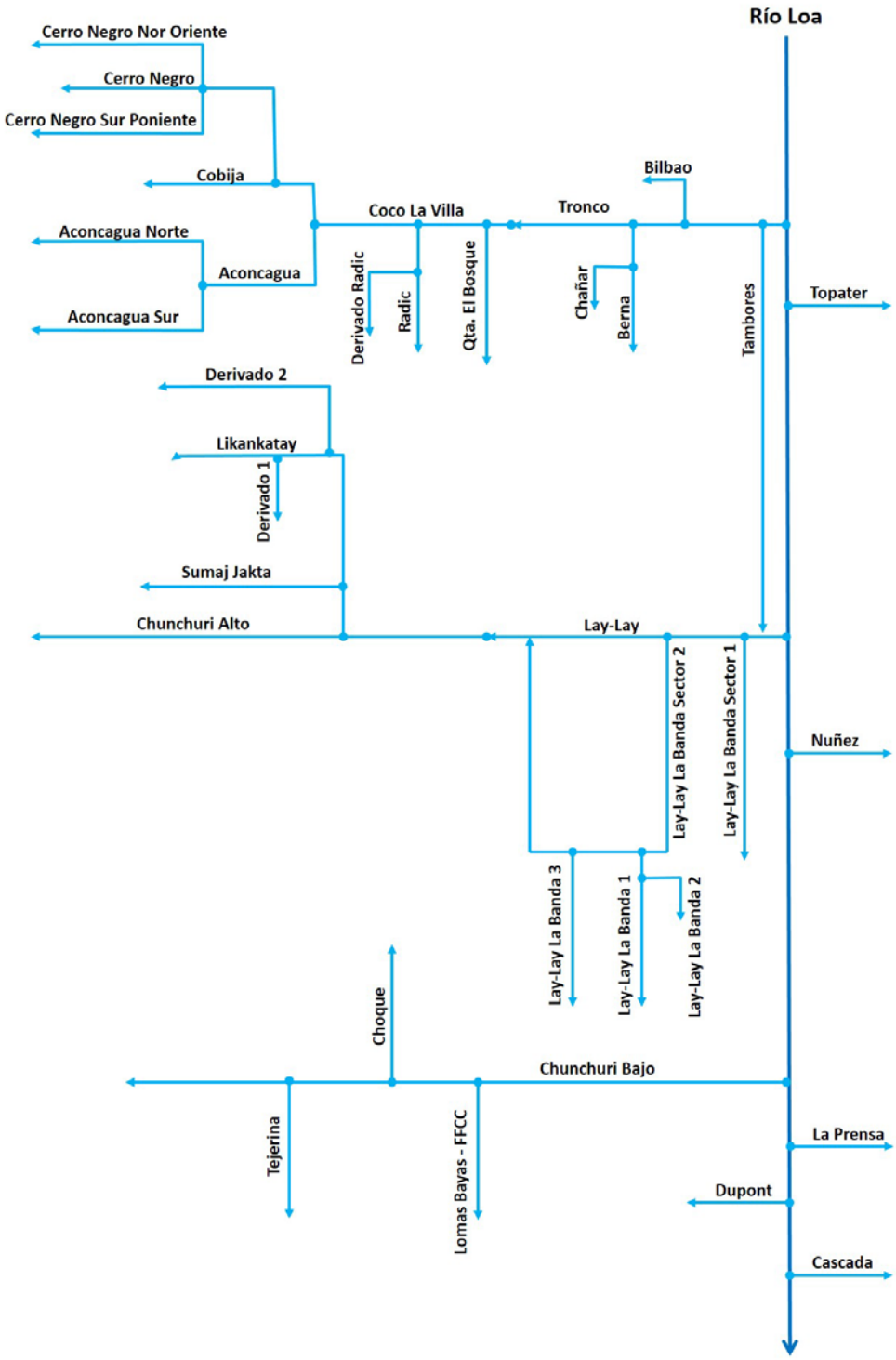



**FIGURA 8.2.1-1**
**UNIFILAR SISTEMA DE CANALES SECTOR DE RIEGO CALAMA**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.1-3**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANALES, SECTOR DE RIEGO CALAMA**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 28.672,3 | 68,4 | 1.501,4 | 77,6 | 5.646,0 | 91,0 | 35.819,6 | 71,6 |
| **Abovedado** | 2.962,8 | 7,1 | 269,3 | 13,9 | 129,7 | 2,1 | 3.361,9 | 6,7 |
| **Alcantarilla** | 100,1 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 100,1 | 0,2 |
| **Entubado** | 10.170,3 | 24,3 | 164,0 | 8,5 | 430,2 | 6,9 | 10.764,4 | 21,5 |
| **Tramo Túnel** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **TOTAL** | 41.905,4 | 100,0 | 1.934,6 | 100,0 | 6.205,8 | 100,0 | 50.045,9 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.1-4**
**MATERIAL CANALES CON IMPERMEABILIZACIÓN, SECTOR DE RIEGO CALAMA**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Goma** | 222,4 | 0,4 |
| **Hormigón** | 32.580,4 | 65,1 |
| **Mampostería** | 694,4 | 1,4 |
| **Loseta** | 7.233,0 | 14,5 |
| **HDPE** | 6.776,7 | 13,5 |
| **PVC** | 614,4 | 1,2 |
| **Acero** | 1.924,6 | 3,8 |
| **Tambores** | 0,0 | 0,0 |
| **Rocas** | 0,0 | 0,0 |
| **Total** | 50.045,9 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En adelante se describe cada uno de los canales que compone esta zona de riego.

## 8.2.2. Canal Dupont

Canal matriz de longitud 1,21 km, posee bocatoma de hormigón en buen estado. Su estado general es malo, ya que solo tiene 3,8% de su trayecto revestido (46,4 m de hormigón) y el resto es de tierra en mal estado en un 66,7% y en estado regular en un 29,4%. En el canal solo se presentan atraviesos y obras prediales, las cuales en general tienen mal estado.

En los Cuadros 8.2.2-1 a 8.2.2-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.2-4.

**CUADRO 8.2.2-1**
**ESTADO CANAL DUPONT**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 806,4 | 69,3 | 357,7 | 30,7 | 1.164,1 | 100,0 |
| **Con Impermeabilización** | 46,4 | 91,6 | 4,2 | 8,4 | 0,0 | 0,0 | 50,7 | 100,0 |
| **Total** | 46,4 | 3,8 | 810,6 | 66,7 | 357,7 | 29,4 | 1.214,7 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.2-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL DUPONT**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 46,4 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 46,4 | 91,6 |
| **Abovedado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Alcantarilla** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Entubado** | 0,0 | 0,0 | 4,2 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 4,2 | 8,4 |
| **Tramo Túnel** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **TOTAL** | 46,4 | 100,0 | 4,2 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 50,7 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.2-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN DUPONT**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Hormigón** | 46,4 | 91,6 |
| **Acero** | 4,2 | 8,4 |
| **Total** | 50,7 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.2-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL DUPONT**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 0 | 2 | 2 | 4 |
| **Atravieso Entrada Predio** | 0 | 1 | 0 | 1 |
| **Bocatoma** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 1 | 5 | 2 | 8 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.2-1 se muestra el trazado del canal Dupont.

**FIGURA 8.2.2-1**
**TRAZADO CANAL DUPONT**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

### 8.2.3. Canal La Prensa

Canal matriz de 2,58 km con bocatoma de hormigón. El canal se encuentra completamente en buen estado. Gran parte del trayecto está entubado (HDPE), y el resto revestido de hormigón. Respecto a las obras encontradas, todas tienen estructuras de hormigón y se encuentran en buen estado; entre estas obras destacan: cámaras, un desarenador, una entrega predial y una estación DGA (fuera de servicio).

En los Cuadros 8.2.3-1 a 8.2.3-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.3-4.

**CUADRO 8.2.3-1**
**ESTADO CANAL LA PRENSA**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Con Impermeabilización** | 1.778,5 | 69,0 | 0,0 | 0,0 | 799,3 | 31,0 | 2.577,8 | 100,0 |
| **Total** | 1.778,5 | 69,0 | 0,0 | 0,0 | 799,3 | 31,0 | 2.577,8 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.3-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL LA PRENSA**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 9,6 | 0,5 | 0,0 | 0,0 | 799,3 | 100,0 | 809,0 | 31,4 |
| **Entubado** | 1.768,8 | 99,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1.768,8 | 68,6 |
| **TOTAL** | 1.778,5 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 799,3 | 100,0 | 2.577,8 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.3-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN LA PRENSA**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Hormigón** | 809,0 | 31,4 |
| **HDPE** | 1.768,8 | 68,6 |
| **Total** | 2.577,8 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.3-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL LA PRENSA**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Bocatoma** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Cámara** | 4 | 0 | 0 | 4 |
| **Desarenador** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 1 | 0 | 0 | 1 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.3-1 se muestra el trazado del canal La Prensa.

**FIGURA 8.2.3-1**
**TRAZADO CANAL LA PRENSA**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

8.2.4. Canal Núñez

Canal matriz de 5,11 km con bocatoma de hormigón. El canal está completamente en buen estado. En su tramo inicial está revestido con hormigón y luego pasa a estar entubado hasta el final del canal. Las obras encontradas son de hormigón y se encuentran en buen estado; las obras son: Cámaras; cámara de entrega, cámara de bombeo y otros.

En los Cuadros 8.2.4-1 a 8.2.4-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.4-4.

**CUADRO 8.2.4-1**
**ESTADO CANAL NÚÑEZ**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Con Impermeabilización** | 5.110,0 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 5.110,0 | 100,0 |
| **Total** | 5.110,0 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 5.110,0 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.4-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL NÚÑEZ**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 417,1 | 8,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 417,1 | 8,2 |
| **Entubado** | 4.692,8 | 91,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 4.692,8 | 91,8 |
| **TOTAL** | 5.110,0 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 5.110,0 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.4-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN LA PRENSA**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Hormigón** | 417,1 | 8,2 |
| **HDPE** | 4.692,8 | 91,8 |
| **Total** | 5.110,0 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.4-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL NÚÑEZ**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Bocatoma** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Cámara** | 3 | 0 | 0 | 3 |
| **Otro** | 1 | 0 | 0 | 1 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.4-1 se muestra el trazado del canal Núñez.

**FIGURA 8.2.4-1**
**TRAZADO CANAL NÚÑEZ**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.2.5. Canal Topater

Canal matriz de longitud 4,65 km, el estado general del canal es bueno (67,1%). Posee una bocatoma en buen estado, presentándose gran parte del canal con algún sistema de impermeabilización (95%), en este caso de hormigón. Entre las obras existentes en el trayecto del canal se encuentran: atraviesos de camino, botaderos, cámaras, desarenador, disipador y entregas prediales.

En los Cuadros 8.2.5-1 y 8.2.5-2, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación y tipo de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.5-3.

**CUADRO 8.2.5-1**
**ESTADO CANAL TOPATER**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| Sin Impermeabilización | 12,9 | 5,6 | 0,0 | 0,0 | 218,7 | 94,4 | 231,7 | 100,0 |
| Con Impermeabilización | 3.111,8 | 70,4 | 50,0 | 1,1 | 1.260,9 | 28,5 | 4.422,6 | 100,0 |
| Total | 3.124,7 | 67,1 | 50,0 | 1,1 | 1.479,6 | 31,8 | 4.654,3 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.5-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL TOPATER**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| Revestido | 3.045,6 | 97,9 | 50,0 | 100,0 | 1.260,9 | 100,0 | 4.356,4 | 98,5 |
| Abovedado | 42,9 | 1,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 42,9 | 1,0 |
| Entubado | 23,3 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 23,3 | 0,5 |
| TOTAL | 3.111,8 | 100,0 | 50,0 | 100,0 | 1.260,9 | 100,0 | 4.422,6 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.5-3**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL TOPATER**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| Atravieso Camino | 11 | 0 | 1 | 12 |
| Bocatoma | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Botadero | 2 | 0 | 0 | 2 |
| Cámara | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Desarenador | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Disipador | 3 | 0 | 0 | 3 |
| Entrega Predial | 19 | 0 | 6 | 25 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.5-1 se muestra el trazado del canal Topater.

**FIGURA 8.2.5-1**
**TRAZADO CANAL TOPATER**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.2.6. Canal Cascada

Canal matriz con bocatoma rústica (de tierra). Este canal de 802 m de largo, se encuentra en mal estado y sin revestimiento en todo su trayecto. Al igual que el canal, las obras (entregas prediales, atravieso y desagüe) en él son de tierra y se encuentran en mal estado.

La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.6-1.

**CUADRO 8.2.6-1**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL CASCADA**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 0 | 1 | 0 | 1 |
| **Bocatoma** | 0 | 1 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 0 | 4 | 0 | 4 |
| **Otro** | 0 | 1 | 0 | 1 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.6-1 se muestra el trazado del canal Cascada.

**FIGURA 8.2.6-1**
**TRAZADO CANAL CASCADA**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.2.7. Canal El Tronco

Canal matriz de 2,67 km con bocatoma de hormigón. El canal se encuentra completamente revestido (de hormigón) y en buen estado. Respecto a las obras encontradas, todas (incluyendo entregas prediales) tienen estructuras de hormigón y se encuentran en buen estado.

En los Cuadros 8.2.7-1 y 8.2.7-2, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación y tipo de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.7-3.

**CUADRO 8.2.7-1**
**ESTADO CANAL EL TRONCO**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Con Impermeabilización** | 2.512,5 | 94,0 | 161,5 | 6,0 | 0,0 | 0,0 | 2.674,1 | 100,0 |
| **Total** | 2.512,5 | 94,0 | 161,5 | 6,0 | 0,0 | 0,0 | 2.674,1 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.7-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL EL TRONCO**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 2.013,4 | 80,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2.013,4 | 75,3 |
| **Abovedado** | 499,1 | 19,9 | 161,5 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 660,7 | 24,7 |
| **TOTAL** | 2.512,5 | 100,0 | 161,5 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 2.674,1 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.7-3**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL EL TRONCO**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso** | 2 | 0 | 0 | 2 |
| **Bocatoma** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Disipador** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 3 | 0 | 0 | 3 |
| **Otra Singularidad** | 3 | 0 | 0 | 3 |
| **Otro** | 3 | 0 | 0 | 3 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.7-1 se muestra el trazado del canal El Tronco.

**FIGURA 8.2.7-1**
**TRAZADO CANAL EL TRONCO**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.2.8. Canal Tambores

Este canal toma sus aguas desde el canal El Tronco. Corresponde a un canal abierto en buen estado, con revestimiento de hormigón en todo su trayecto (1,25 km). Las entregas prediales en este canal tienen estructuras de hormigón y se encuentran en buen estado. Respecto a las demás obras presentes en el canal, se tienen: tres atraviesos de camino, dos atraviesos entradas a predios, un disipador, entregas a derivados y prediales; todas estas obras son de hormigón y se encuentran en buenas condiciones.

En el Cuadro 8.2.8-1, se presenta las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en el Cuadro 8.2.8-2.

**CUADRO 8.2.8-1**
**ESTADO CANAL TAMBORES**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Con Impermeabilización** | 929,7 | 74,3 | 0,0 | 0,0 | 322,1 | 25,7 | 1.251,7 | 100,0 |
| **Total** | 929,7 | 74,3 | 0,0 | 0,0 | 322,1 | 25,7 | 1.251,7 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.8-2**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL TAMBORES**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 1 | 0 | 2 | 3 |
| **Atravieso Entrada Predio** | 2 | 0 | 0 | 2 |
| **Disipador** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Derivado** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 18 | 0 | 1 | 19 |
| **Otro** | 1 | 0 | 0 | 1 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.8-1 se muestra el trazado del canal Tambores.

**FIGURA 8.2.8-1**
**TRAZADO CANAL TAMBORES**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.2.9. Canal Bilbao

Este canal toma sus aguas desde el canal El Tronco manteniendo una longitud de 1,55 km. Gran parte del canal está revestido y en buen estado (75,9%). Tanto atraviesos y sifones que se encuentran en el canal son de hormigón y se encuentran en buen estado. Las entregas prediales son de hormigón y presentan en general un estado regular.

En los Cuadros 8.2.9-1 a 8.2.9-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.9-4.

**CUADRO 8.2.9-1**
**ESTADO CANAL BILBAO**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 33,5 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 33,5 | 100,0 |
| **Con Impermeabilización** | 1.157,8 | 75,9 | 33,1 | 2,2 | 334,3 | 21,9 | 1.525,2 | 100,0 |
| **Total** | 1.157,8 | 74,3 | 66,6 | 4,3 | 334,3 | 21,4 | 1.558,8 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.9-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL BILBAO**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 900,9 | 77,8 | 33,1 | 100,0 | 332,1 | 99,3 | 1.266,0 | 83,0 |
| **Abovedado** | 243,0 | 21,0 | 0,0 | 0,0 | 2,2 | 0,7 | 245,2 | 16,1 |
| **Alcantarilla** | 14,0 | 1,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 14,0 | 0,9 |
| **TOTAL** | 1.157,8 | 100,0 | 33,1 | 100,0 | 334,3 | 100,0 | 1.525,2 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.9-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN BILBAO**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Hormigón** | 1.328,0 | 87,1 |
| **Loseta** | 197,2 | 12,9 |
| **Total** | 1.525,2 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.9-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL BILBAO**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 5 | 0 | 0 | 5 |
| **Atravieso Peatonal** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Derivado** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 3 | 2 | 6 | 11 |
| **Otro** | 6 | 0 | 0 | 6 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.9-1 se muestra el trazado del canal Bilbao.

**FIGURA 8.2.9-1**
**TRAZADO CANAL BILBAO**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.2.10. Canal Berna

Este canal toma sus aguas desde el canal El Tronco. Mantiene revestimiento de hormigón en buen estado en toda su trayectoria (1,25 km). En el trayecto del canal se presentan varias obras, entre ellas cinco atraviesos, el marco partidor del canal Chañar y nueve entregas prediales; estas estructuras son todas de hormigón y se encuentran en buen estado.

En los Cuadros 8.2.10-1 y 8.2.10-2, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación y tipo de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.10-3.

**CUADRO 8.2.10-1**
**ESTADO CANAL BERNA**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Con Impermeabilización** | 1.026,9 | 82,0 | 224,9 | 18,0 | 0,0 | 0,0 | 1.251,8 | 100,0 |
| **Total** | 1.026,9 | 82,0 | 224,9 | 18,0 | 0,0 | 0,0 | 1.251,8 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.10-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL BERNA**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 1.000,0 | 97,4 | 224,9 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 1.224,9 | 97,9 |
| **Abovedado** | 26,9 | 2,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 26,9 | 2,1 |
| **Alcantarilla** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Entubado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Tramo Túnel** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **TOTAL** | 1.026,9 | 100,0 | 224,9 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 1.251,8 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.10-3**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL BERNA**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 5 | 0 | 0 | 5 |
| **Entrega Derivado** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 9 | 2 | 0 | 11 |
| **Otra Singularidad** | 1 | 0 | 0 | 1 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.10-1 se muestra el trazado del canal Berna.

**FIGURA 8.2.10-1**
**TRAZADO CANAL BERNA**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.2.11. Canal Chañar

Este canal toma sus aguas desde el canal Berna. Presenta una longitud de 1,50 km, mantiene un aforador de hormigón y se encuentra en buen estado en todo su trayecto, el cual está revestido totalmente con hormigón. Las obras catastradas en el canal corresponden a

entregas prediales, atraviesos y un disipador, todas estas estructuras son de hormigón y presentan un buen estado.

La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.11-1.

**CUADRO 8.2.11-1**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL CHAÑAR**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 4 | 0 | 0 | 4 |
| **Disipador** | 2 | 0 | 0 | 2 |
| **Entrega Derivado** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 20 | 0 | 0 | 20 |
| **Otro** | 1 | 0 | 0 | 1 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.11-1 se muestra el trazado del canal Chañar.

**FIGURA 8.2.11-1**
**TRAZADO CANAL CHAÑAR**

Fuente: Elaboración propia

## 8.2.12. Canal Coco La Villa

Este canal toma sus aguas desde el canal El Tronco. Posee una longitud aproximada de 2,57 km, en general se encuentra en buenas condiciones y recubierto en su totalidad. El canal presenta tramos abiertos revestidos y tramos entubados. Respecto a las obras, se catastraron un atravieso, catorce cámaras, tres desarenadores, un sifón, una entrega canal y cuatro entregas prediales; todas estas estructuras son de hormigón y se encuentran en buen estado.

En los Cuadros 8.2.12-1 a 8.2.12-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.12-4.

**CUADRO 8.2.12-1**
**ESTADO CANAL COCO LA VILLA**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Con Impermeabilización** | 2.284,0 | 88,4 | 68,9 | 2,7 | 230,8 | 8,9 | 2.583,6 | 100,0 |
| **Total** | 2.284,0 | 88,4 | 68,9 | 2,7 | 230,8 | 8,9 | 2.583,6 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.12-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL COCO LA VILLA**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 970,7 | 42,5 | 0,0 | 0,0 | 230,8 | 100,0 | 1.201,4 | 46,5 |
| **Abovedado** | 1.054,1 | 46,2 | 68,9 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 1.123,0 | 43,5 |
| **Alcantarilla** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Entubado** | 259,2 | 11,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 259,2 | 10,0 |
| **Tramo Túnel** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **TOTAL** | 2.284,0 | 100,0 | 68,9 | 100,0 | 230,8 | 100,0 | 2.583,6 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.12-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN COCO LA VILLA**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Hormigón** | 2.130,4 | 82,5 |
| **Loseta** | 194,0 | 7,5 |
| **HDPE** | 144,8 | 5,6 |
| **Acero** | 114,4 | 4,4 |
| **Total** | 2.583,6 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.12-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL COCO LA VILLA**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| Atravieso Camino | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Cámara | 14 | 0 | 0 | 14 |
| Desarenador | 3 | 0 | 0 | 3 |
| Entrega Derivado | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Entrega Predial | 3 | 0 | 1 | 4 |
| Otra Singularidad | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Otro | 1 | 0 | 0 | 1 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedzntes catastrados.

En la Figura 8.2.12-1 se muestra el trazado del canal Coco La Villa.

**FIGURA 8.2.12-1**
**TRAZADO CANAL COCO LA VILLA**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.2.13. Canal Quinta El Bosque

Este canal toma sus aguas desde el canal Coco la Villa. Posee una longitud de 519,5 m, manteniendo 72,1% de su trayecto en mal estado. Si bien gran parte del canal está sin revestimiento (de tierra), en su tramo intermedio se encuentra entubado con HDPE. Respecto a las obras presentes en canal, corresponden a un atravieso, cuatro cámaras y una entrega a derivado; estas obras son de hormigón y se encuentran en buenas condiciones.

En los Cuadros 8.2.13-1 a 8.2.13-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.13-4.

## CUADRO 8.2.13-1
## ESTADO CANAL QUINTA EL BOSQUE

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| Sin Impermeabilización | 12,2 | 3,1 | 374,6 | 96,9 | 0,0 | 0,0 | 386,8 | 100,0 |
| Con Impermeabilización | 79,3 | 59,8 | 0,0 | 0,0 | 53,3 | 40,2 | 132,7 | 100,0 |
| Total | 91,5 | 17,6 | 374,6 | 72,1 | 53,3 | 10,3 | 519,5 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## CUADRO 8.2.13-2
## TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL QUINTA EL BOSQUE

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| Revestido | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 5,0 | 9,4 | 5,0 | 3,8 |
| Entubado | 79,3 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 48,3 | 90,6 | 127,7 | 96,2 |
| TOTAL | 79,3 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 53,3 | 100,0 | 132,7 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## CUADRO 8.2.13-3
## MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN QUINTA EL BOSQUE

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| Hormigón | 5,0 | 3,8 |
| HDPE | 127,7 | 96,2 |
| Total | 132,7 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## CUADRO 8.2.13-4
## OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL QUINTA EL BOSQUE

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| Atravieso Camino | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Cámara | 2 | 0 | 2 | 4 |
| Entrega Derivado | 0 | 0 | 1 | 1 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.13-1 se muestra el trazado del canal Quinta El Bosque.

**FIGURA 8.2.13-1**
**TRAZADO CANAL QUINTA EL BOSQUE**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

8.2.14. Canal Radic

Este canal toma sus aguas desde el canal Coco la Villa. Mantiene una longitud aproximada de 1,25 km, con un estado de conservación en general malo (48%). Gran parte del canal se encuentra sin revestimiento (de tierra), solo una cuarta parte se encuentra entubada. El tramo entubado presenta cámaras y atravieso de hormigón en buen estado. Respecto a las entregas prediales, la mayoría son de tierra y se encuentran en mal estado.

En los Cuadros 8.2.14-1 a 8.2.14-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.14-4.

**CUADRO 8.2.14-1**
**ESTADO CANAL RADIC**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 120,1 | 14,6 | 600,3 | 72,8 | 104,1 | 12,6 | 824,5 | 100,0 |
| **Con Impermeabilización** | 215,6 | 50,5 | 0,0 | 0,0 | 211,3 | 49,5 | 426,9 | 100,0 |
| **Total** | 335,7 | 26,8 | 600,3 | 48,0 | 315,4 | 25,2 | 1.251,4 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.14-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL RADIC**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 197,4 | 91,5 | 0,0 | 0,0 | 105,2 | 49,8 | 302,5 | 70,9 |
| **Abovedado** | 18,2 | 8,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 18,2 | 4,3 |
| **Entubado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 106,1 | 50,2 | 106,1 | 24,9 |
| **TOTAL** | 215,6 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 211,3 | 100,0 | 426,9 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.14-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN RADIC**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Hormigón** | 246,0 | 57,6 |
| **Mampostería** | 48,4 | 11,3 |
| **Loseta** | 26,4 | 6,2 |
| **Acero** | 106,1 | 24,9 |
| **Total** | 426,9 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.14-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL RADIC**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 2 | 0 | 1 | 3 |
| **Cámara** | 2 | 0 | 0 | 2 |
| **Entrega Derivado** | 1 | 1 | 0 | 2 |
| **Entrega Predial** | 1 | 5 | 0 | 6 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.14-1 se muestra el trazado del canal Radic.

**FIGURA 8.2.14-1**
**TRAZADO CANAL RADIC**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

8.2.15. Canal Derivado Radic

Canal de 728 m de longitud aproximadamente, que toma sus aguas desde el Canal Radic. El estado en general es malo, superando el 63% de la totalidad del canal. La gran mayoría del canal es abierto y sin revestimiento, pero también tiene tramos revestidos (con loseta o mampostería). Las entregas prediales en este canal son de variados materiales y se encuentran la mayoría en mal estado.

En los Cuadros 8.2.15-1 a 8.2.15-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.15-4.

**CUADRO 8.2.15-1**
**ESTADO CANAL DERIVADO RADIC**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 20,6 | 3,5 | 410,3 | 69,2 | 161,7 | 27,3 | 592,6 | 100,0 |
| **Con Impermeabilización** | 28,4 | 21,4 | 52,0 | 39,1 | 52,6 | 39,5 | 133,1 | 100,0 |
| **Total** | 49,0 | 6,8 | 462,3 | 63,7 | 214,3 | 29,5 | 725,7 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.15-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL DERIVADO RADIC**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 0,0 | 0,0 | 43,1 | 82,8 | 50,4 | 95,7 | 93,5 | 70,2 |
| **Abovedado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,2 | 4,3 | 2,2 | 1,7 |
| **Entubado** | 28,4 | 100,0 | 8,9 | 17,2 | 0,0 | 0,0 | 37,4 | 28,1 |
| **TOTAL** | 28,4 | 100,0 | 52,0 | 100,0 | 52,6 | 100,0 | 133,1 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.15-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN DERIVADO RADIC**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Mampostería** | 2,2 | 1,7 |
| **Loseta** | 93,5 | 70,2 |
| **Acero** | 37,4 | 28,1 |
| **Total** | 133,1 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.15-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL DERIVADO RADIC**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 3 | 0 | 2 | 5 |
| **Entrega Derivado** | 0 | 1 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 2 | 6 | 2 | 10 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.15-1 se muestra el trazado del canal Derivado Radich.

**FIGURA 8.2.15-1**
**TRAZADO CANAL DERIVADO RADICH**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

8.2.16. Canal Cobija

Canal derivado del Canal Coco La Villa. Canal de longitud 1,44 km, el cual está revestido y en buen estado en su totalidad. Respecto a las obras prediales, todas tienen estructuras de hormigón y se encuentran en buen estado. De las obras presentes en el canal, las cuales están todas en buenas condiciones, destacan 10 atraviesos, 10 cámaras y 16 entregas prediales.

En los Cuadros 8.2.16-1 a 8.2.16-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.16-4.

**CUADRO 8.2.16-1**
**ESTADO CANAL COBIJA**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Con Impermeabilización** | 1.304,1 | 90,6 | 0,0 | 0,0 | 134,7 | 9,4 | 1.438,8 | 100,0 |
| **Total** | 1.304,1 | 90,6 | 0,0 | 0,0 | 134,7 | 9,4 | 1.438,8 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.16-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL COBIJA**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 1.010,5 | 77,5 | 0,0 | 0,0 | 134,7 | 100,0 | 1.145,2 | 79,6 |
| **Entubado** | 293,6 | 22,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 293,6 | 20,4 |
| **TOTAL** | 1.304,1 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 134,7 | 100,0 | 1.438,8 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.16-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN COBIJA**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Hormigón** | 475,2 | 33,0 |
| **Loseta** | 919,9 | 63,9 |
| **Acero** | 43,7 | 3,0 |
| **Total** | 1.438,8 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.16-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL COBIJA**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 10 | 0 | 0 | 10 |
| **Cámara** | 10 | 0 | 0 | 10 |
| **Disipador** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Derivado** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 16 | 0 | 0 | 16 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.16-1 se muestra el trazado del canal Cobija.

**FIGURA 8.2.16-1**
**TRAZADO CANAL COBIJA**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.2.17. Canal Cerro Negro

Canal derivado del Canal Coco La Villa. Canal de extensión 1,78 km el estado del canal en general es bueno. El canal presenta gran parte de su trayecto revestido y también presenta tramos entubados (hormigón o metal) en buen estado. Las entregas prediales presentes en el canal presentan estructuras de hormigón, la mayoría se encuentran entre un estado regular y malo. Respecto a las obras catastradas, estas se encuentran en buen estado; en el caso de las singularidades, destaca un árbol que obstruye el canal.

En los Cuadros 8.2.17-1 a 8.2.17-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.17-4.

## CUADRO 8.2.17-1
## ESTADO CANAL CERRO NEGRO

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Con Impermeabilización** | 1.164,9 | 65,3 | 296,1 | 16,6 | 322,9 | 18,1 | 1.783,9 | 100,0 |
| **Total** | 1.164,9 | 65,3 | 296,1 | 16,6 | 322,9 | 18,1 | 1.783,9 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## CUADRO 8.2.17-2
## TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL CERRO NEGRO

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 852,0 | 73,1 | 296,1 | 100,0 | 307,9 | 95,4 | 1.456,1 | 81,6 |
| **Abovedado** | 43,7 | 3,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 43,7 | 2,5 |
| **Entubado** | 269,2 | 23,1 | 0,0 | 0,0 | 14,9 | 4,6 | 284,1 | 15,9 |
| **TOTAL** | 1.164,9 | 100,0 | 296,1 | 100,0 | 322,9 | 100,0 | 1.783,9 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## CUADRO 8.2.17-3
## MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN CERRO NEGRO

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Hormigón** | 998,8 | 56,0 |
| **Loseta** | 775,2 | 43,5 |
| **Acero** | 9,8 | 0,6 |
| **Total** | 1.783,9 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## CUADRO 8.2.17-4
## OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL CERRO NEGRO

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Atravieso Entrada Predio** | 1 | 0 | 1 | 2 |
| **Bocatoma** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Cámara** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Derivado** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 9 | 5 | 7 | 21 |
| **Otra Singularidad** | 0 | 3 | 0 | 3 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.17-1 se muestra el trazado del canal Cerro Negro.

**FIGURA 8.2.17-1**
**TRAZADO CANAL CERRO NEGRO**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.2.18. Canal Cerro Negro Nor Oriente

Canal derivado del Canal Coco La Villa. Canal de 330 m de longitud. El canal se presenta entubado de metal en sus extremos que suman un total de 280 m, tramos en los cuales el canal está en buen estado; En el tramo intermedio el canal no tiene recubrimiento, resultando en un mal estado. El canal no presenta entregas prediales.

En los Cuadros 8.2.18-1 y 8.2.18-2, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación y tipo de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.18-3.

**CUADRO 8.2.18-1**
**ESTADO CANAL CERRO NEGRO NOR ORIENTE**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 49,7 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 49,7 | 100,0 |
| **Con Impermeabilización** | 97,4 | 34,8 | 0,0 | 0,0 | 182,6 | 65,2 | 280,0 | 100,0 |
| **Total** | 97,4 | 29,6 | 49,7 | 15,1 | 182,6 | 55,4 | 329,6 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.18-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL CERRO NEGRO NOR ORIENTE**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Entubado** | 97,4 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 182,6 | 100,0 | 280,0 | 100,0 |
| **TOTAL** | 97,4 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 182,6 | 100,0 | 280,0 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.18-3**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL CERRO NEGRO NORIENTE**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Cámara** | 0 | 0 | 1 | 1 |
| **Entrega Derivado** | 1 | 0 | 0 | 1 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.18-1 se muestra el trazado del canal Cerro Negro Nor Oriente.

**FIGURA 8.2.18-1**
**TRAZADO CANAL CERRO NEGRO NOR ORIENTE**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

8.2.19. Canal Cerro Negro Sur Poniente

Canal derivado del Canal Coco La Villa. Canal de 559 m de largo, el estado general del canal es malo. Solo tiene revestimiento en la mitad de su trayecto, siendo el resto de tierra. En el catastro se identificaron varias entregas prediales rústicas (de tierra) o de goma en mal estado, y algunas de hormigón que presentan buenas condiciones. Respecto a las obras en el canal, solo se encuentran un atravieso y una entrega canal, ambas en buen estado.

En los Cuadros 8.2.19-1 a 8.2.19-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.19-4.

**CUADRO 8.2.19-1**
**ESTADO CANAL CERRO NEGRO SUR PONIENTE**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 181,4 | 67,7 | 86,7 | 32,3 | 268,1 | 100,0 |
| **Con Impermeabilización** | 68,9 | 23,6 | 222,4 | 76,4 | 0,0 | 0,0 | 291,3 | 100,0 |
| **Total** | 68,9 | 12,3 | 403,8 | 72,2 | 86,7 | 15,5 | 559,4 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.19-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL CERRO NEGRO SUR PONIENTE**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 65,3 | 94,8 | 222,4 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 287,7 | 98,8 |
| **Entubado** | 3,6 | 5,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,6 | 1,2 |
| **TOTAL** | 68,9 | 100,0 | 222,4 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 291,3 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.19-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN CERRO NEGRO SUR PONIENTE**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Goma** | 222,4 | 76,4 |
| **Hormigón** | 65,3 | 22,4 |
| **Acero** | 3,6 | 1,2 |
| **Total** | 291,3 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.19-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL CERRO NEGRO SUR PONIENTE**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Derivado** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 3 | 7 | 1 | 11 |
| **Otra Singularidad** | 0 | 1 | 0 | 1 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.19-1 se muestra el trazado del canal Cerro Negro Sur Poniente.

**FIGURA 8.2.19-1**
**TRAZADO CANAL CERRO NEGRO SUR PONIENTE**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.2.20. Canal Aconcagua

Canal derivado del Canal Coco La Villa. Canal en buen estado de 189 m aproximadamente. El canal es mayoritariamente abierto y revestido, en su tramo inicial se encuentra revestido con loseta y luego con hormigón. Este canal también presenta un pequeño tramo entubado con fierro, tramo en el que también se presenta una cámara de inspección de hormigón en buen estado.

En los Cuadros 8.2.20-1 a 8.2.20-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.20-4.

**CUADRO 8.2.20-1**
**ESTADO CANAL ACONCAGUA**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Con Impermeabilización** | 188,9 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 188,9 | 100,0 |
| **Total** | 188,9 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 188,9 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.20-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL ACONCAGUA**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 127,6 | 67,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 127,6 | 67,5 |
| **Abovedado** | 46,5 | 24,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 46,5 | 24,6 |
| **Entubado** | 14,8 | 7,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 14,8 | 7,8 |
| **TOTAL** | 188,9 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 188,9 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.20-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN ACONCAGUA**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Hormigón** | 89,3 | 47,3 |
| **Loseta** | 84,8 | 44,9 |
| **Acero** | 14,8 | 7,8 |
| **Total** | 188,9 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.20-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL ACONCAGUA**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Cámara** | 1 | 0 | 1 | 2 |
| **Entrega Derivado** | 1 | 0 | 0 | 1 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.20-1 se muestra el trazado del canal Aconcagua.

**FIGURA 8.2.20-1**
**TRAZADO CANAL ACONCAGUA**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.2.21. Canal Aconcagua Norte

Este canal toma sus aguas desde el canal Aconcagua. Mantiene una longitud aproximada de 546 m, gran parte de su extensión se encuentra en mal estado (sin revestimiento). En su tramo inicial el canal presenta revestimiento de loseta y luego de hormigón, siendo ambos tramos de buena calidad. Respecto a las obras identificadas, se observa una cámara, un atravieso de camino, una entrega a derivado y 13 entregas prediales, que se encuentran en regular o mal estado.

En los Cuadros 8.2.21-1 a 8.2.21-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.21-4.

**CUADRO 8.2.21-1**
**ESTADO CANAL ACONCAGUA NORTE**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 263,2 | 75,1 | 87,4 | 24,9 | 350,6 | 100,0 |
| **Con Impermeabilización** | 131,5 | 67,2 | 0,0 | 0,0 | 64,1 | 32,8 | 195,5 | 100,0 |
| **Total** | 131,5 | 24,1 | 263,2 | 48,2 | 151,5 | 27,7 | 546,1 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.21-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL ACONCAGUA NORTE**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 117,9 | 89,7 | 0,0 | 0,0 | 64,1 | 100,0 | 181,9 | 93,0 |
| **Entubado** | 13,6 | 10,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 13,6 | 7,0 |
| **TOTAL** | 131,5 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 64,1 | 100,0 | 195,5 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.21-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN ACONCAGUA NORTE**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Hormigón** | 181,9 | 93,0 |
| **Acero** | 13,6 | 7,0 |
| **Total** | 195,5 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.21-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL ACONCAGUA NORTE**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Cámara** | 0 | 0 | 1 | 1 |
| **Entrega Derivado** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 0 | 9 | 4 | 13 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.21-1 se muestra el trazado del canal Aconcagua Norte.

**FIGURA 8.2.21-1**
**TRAZADO CANAL ACONCAGUA NORTE**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

8.2.22. Canal Aconcagua Sur

Este canal toma sus aguas desde el canal Aconcagua. Mantiene una longitud aproximada de 1,3 km, caracterizándose gran parte del trayecto por no mantener materiales de impermeabilización (95,1%) en un estado de conservación mayoritariamente malo (91,5% del total sin impermeabilización). Las entregas prediales están en mal estado, ya que son de tierra o su estructura está muy deteriorada como es el caso de algunas entregas de hormigón y mampostería. Respecto a las demás obras del canal, están atraviesos y una cámara de hormigón, las cuales se encuentran en buen estado.

En los Cuadros 8.2.22-1 a 8.2.22-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.22-4.

## CUADRO 8.2.22-1
## ESTADO CANAL ACONCAGUA SUR

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| Sin Impermeabilización | 18,0 | 1,5 | 1.131,5 | 91,5 | 87,7 | 7,1 | 1.237,3 | 100,0 |
| Con Impermeabilización | 63,8 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 63,8 | 100,0 |
| Total | 81,9 | 6,3 | 1.131,5 | 87,0 | 87,7 | 6,7 | 1.301,1 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## CUADRO 8.2.22-2
## TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL ACONCAGUA SUR

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| Abovedado | 10,8 | 16,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 10,8 | 16,9 |
| Entubado | 53,0 | 83,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 53,0 | 83,1 |
| TOTAL | 63,8 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 63,8 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## CUADRO 8.2.22-3
## MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN ACONCAGUA SUR

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| Hormigón | 36,4 | 57,1 |
| Acero | 27,4 | 42,9 |
| Total | 63,8 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## CUADRO 8.2.22-4
## OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL ACONCAGUA SUR

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| Atravieso Camino | 2 | 0 | 1 | 3 |
| Cámara | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Entrega Derivado | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Entrega Predial | 1 | 7 | 0 | 8 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.22-1 se muestra el trazado del canal Aconcagua Sur.

**FIGURA 8.2.22-1**
**TRAZADO CANAL ACONCAGUA SUR**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

8.2.23. Canal Chunchuri Bajo

Canal matriz de 4,82 km aproximadamente con bocatoma de mampostería. En general el canal está en buen estado y presenta revestimiento en gran parte de su trayecto. En el canal se presentan entregas prediales, atraviesos, entregas a canal y un botadero; todas estas estructuras se encuentran en buen estado, en el caso de las entregas prediales la mayoría son de hormigón.

En los Cuadros 8.2.23-1 a 8.2.23-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.23-4.

**CUADRO 8.2.23-1**
**ESTADO CANAL CHUNCHURI BAJO**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 24,2 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 24,2 | 100,0 |
| **Con Impermeabilización** | 3.793,9 | 79,1 | 24,9 | 0,5 | 975,9 | 20,4 | 4.794,7 | 100,0 |
| **Total** | 3.793,9 | 78,7 | 49,1 | 1,0 | 975,9 | 20,3 | 4.818,9 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.23-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL CHUNCHURI BAJO**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 3.534,8 | 93,2 | 5,0 | 20,1 | 850,6 | 87,2 | 4.390,4 | 91,6 |
| **Abovedado** | 237,2 | 6,3 | 0,0 | 0,0 | 125,3 | 12,8 | 362,4 | 7,6 |
| **Alcantarilla** | 14,8 | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 14,8 | 0,3 |
| **Entubado** | 7,2 | 0,2 | 19,9 | 79,9 | 0,0 | 0,0 | 27,1 | 0,6 |
| **TOTAL** | 3.793,9 | 100,0 | 24,9 | 100,0 | 975,9 | 100,0 | 4.794,7 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.23-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN CHUNCHURI BAJO**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Hormigón** | 4.766,3 | 99,4 |
| **Mampostería** | 28,4 | 0,6 |
| **Total** | 4.794,7 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.23-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL CHUNCHURI BAJO**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 5 | 0 | 0 | 5 |
| **Atravieso Entrada Predio** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Bocatoma** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 13 | 0 | 1 | 14 |
| **Otra Singularidad** | 4 | 0 | 1 | 5 |
| **Otro** | 1 | 0 | 2 | 3 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.23-1 se muestra el trazado del canal Chunchuri Bajo.

**FIGURA 8.2.23-1**
**TRAZADO CANAL CHUNCHURI BAJO**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

8.2.24. Canal Lomas Bayas – FFCC

Canal derivado del Canal Chunchuri Bajo. Canal en muy buen estado, revestido en su totalidad de hormigón (937,7 m). Las estructuras presentes en el canal (atraviesos, entregas de canal y entregas prediales) son de hormigón y se encuentran en buen estado.

En el Cuadro 8.2.24-1, se presentan las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.24-2.

**CUADRO 8.2.24-1**
**ESTADO CANAL LOMAS BAYAS – FFCC**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Con Impermeabilización** | 937,7 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 937,7 | 100,0 |
| **Total** | 937,7 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 937,7 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.24-2**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL LOMAS BAYAS – FFCC**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 2 | 0 | 0 | 2 |
| **Entrega Derivado** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 5 | 0 | 0 | 5 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.24-1 se muestra el trazado del canal Lomas Bayas – FFCC.

**FIGURA 8.2.24-1**
**TRAZADO CANAL LOMAS BAYAS - FFCC**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.2.25. Canal Choque

Canal derivado del Canal Chunchuri Bajo. Canal en mal estado con una longitud total aproximada de 808 m. El canal presenta revestimiento de loseta solo en un 21% de su trayecto (172 m), el cual se encuentra en mal estado. Las entregas prediales presentes en el canal son de mampostería y se encuentran en mal estado.

En los Cuadros 8.2.25-1 a 8.2.25-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.25-4.

**CUADRO 8.2.25-1**
**ESTADO CANAL CHOQUE**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 612,4 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 612,4 | 100,0 |
| **Con Impermeabilización** | 6,7 | 3,4 | 189,0 | 96,6 | 0,0 | 0,0 | 195,7 | 100,0 |
| **Total** | 6,7 | 0,8 | 801,4 | 99,2 | 0,0 | 0,0 | 808,1 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.25-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL CHOQUE**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 1,0 | 15,0 | 172,6 | 91,3 | 0,0 | 0,0 | 173,6 | 88,7 |
| **Entubado** | 5,7 | 85,0 | 16,4 | 8,7 | 0,0 | 0,0 | 22,1 | 11,3 |
| **TOTAL** | 6,7 | 100,0 | 189,0 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 195,7 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.25-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN CHOQUE**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Hormigón** | 17,4 | 8,9 |
| **Loseta** | 172,6 | 88,2 |
| **Acero** | 5,7 | 2,9 |
| **Total** | 195,7 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.25-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL CHOQUE**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Entrega Derivado** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 0 | 4 | 0 | 4 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.25-1 se muestra el trazado del canal Choque.

**FIGURA 8.2.25-1**
**TRAZADO CANAL CHOQUE**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

8.2.26. Canal Tejerina

Canal derivado del Canal Chunchuri Bajo, con una longitud aproximada de 265 m. En todo su trayecto se encuentra sin material de impermeabilización, con un estado de conservación mayoritariamente malo (61,4%). Respecto a las entregas prediales, poseen estructuras de mampostería que están en malas condiciones. La única obra presente, además de las entregas prediales, es una entrega a canal, la cual tiene estructura de hormigón en buen estado.

En los Cuadros 8.2.26-1 y 8.2.26-2, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, y la contabilización de Obras y Singularidades en el canal.

**CUADRO 8.2.26-1**
**ESTADO CANAL TEJERINA**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 102,1 | 38,6 | 162,7 | 61,4 | 0,0 | 0,0 | 264,8 | 100,0 |
| **Con Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Total** | 102,1 | 38,6 | 162,7 | 61,4 | 0,0 | 0,0 | 264,8 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.26-2**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL TEJERINA**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Entrega Derivado** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 0 | 3 | 0 | 3 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.26-1 se muestra el trazado del canal Tejerina.

**FIGURA 8.2.26-1**
**TRAZADO CANAL TEJERINA**
Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

8.2.27. Canal Lay-Lay

Canal matriz de largo 3,85 km con bocatoma rústica de tierra. Canal en buen estado, se encuentra revestido con hormigón en la mayor parte de su trayecto; también presenta algunos tramos entubados (principalmente con metal). El canal si bien está en buen estado, presenta derrumbes y roturas en sectores puntuales del revestido. Respecto a las obras presentes, son todas de hormigón y se encuentran en buen estado.

En los Cuadros 8.2.27-1 a 8.2.27-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.27-4.

**CUADRO 8.2.27-1**
**ESTADO CANAL LAY-LAY**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 26,5 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 26,5 | 100,0 |
| **Con Impermeabilización** | 3.722,1 | 97,3 | 101,3 | 2,7 | 0,0 | 0,0 | 3.823,5 | 100,0 |
| **Total** | 3.722,1 | 96,7 | 127,8 | 3,3 | 0,0 | 0,0 | 3.849,9 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.27-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL LAY-LAY**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 2.901,5 | 78,0 | 68,6 | 67,7 | 0,0 | 0,0 | 2.970,1 | 77,7 |
| **Entubado** | 820,6 | 22,0 | 32,7 | 32,3 | 0,0 | 0,0 | 853,3 | 22,3 |
| **TOTAL** | 3.722,1 | 100,0 | 101,3 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 3.823,5 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.27-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN LAY-LAY**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Hormigón** | 2.970,1 | 77,7 |
| **HDPE** | 26,0 | 0,7 |
| **Acero** | 827,3 | 21,6 |
| **Total** | 3.823,5 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.27-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL LAY-LAY**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 8 | 0 | 0 | 8 |
| **Bocatoma** | 0 | 1 | 0 | 1 |
| **Cámara** | 10 | 0 | 0 | 10 |
| **Disipador** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Otra Singularidad** | 2 | 2 | 0 | 4 |
| **Otro** | 1 | 0 | 0 | 1 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.27-1 se muestra el trazado del canal Lay-Lay.

**FIGURA 8.2.27-1**
**TRAZADO CANAL LAY-LAY**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

8.2.28. Canal Chunchuri Alto

Canal derivado del canal Lay Lay. Tiene una extensión de 4,66km, la cual en su tramo inicial (41 m) está entubada con HDPE y luego el canal se presenta completamente revestido y en buen estado hasta su fin. El canal presenta varías cámaras en su primera parte, todas éstas son de hormigón y se encuentran en buenas condiciones; además de estas cámaras, en el canal existen varios atraviesos y dos entregas canal (una de la que recibe agua y otra por la que entrega a un derivado), estas estructuras también son de hormigón y están en buenas condiciones. Respecto a las entregas prediales casi todas son de hormigón y de buena calidad.

En los Cuadros 8.2.28-1 a 8.2.28-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material

de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.28-4.

**CUADRO 8.2.28-1**
**ESTADO CANAL CHUNCHURI ALTO**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| Sin Impermeabilización | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Con Impermeabilización | 4.623,1 | 99,2 | 38,9 | 0,8 | 0,0 | 0,0 | 4.661,9 | 100,0 |
| Total | 4.623,1 | 99,2 | 38,9 | 0,8 | 0,0 | 0,0 | 4.661,9 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.28-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL CHUNCHURI ALTO**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| Revestido | 3.874,8 | 83,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3.874,8 | 83,1 |
| Abovedado | 740,3 | 16,0 | 38,9 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 779,2 | 16,7 |
| Entubado | 7,9 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 7,9 | 0,2 |
| TOTAL | 4.623,1 | 100,0 | 38,9 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 4.661,9 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.28-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN CHUNCHURI ALTO**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| Hormigón | 1.908,5 | 40,9 |
| Loseta | 2.751,2 | 59,0 |
| HDPE | 2,2 | 0,0 |
| Total | 4.661,9 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.28-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL CHUNCHURI ALTO**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| Atravieso Camino | 7 | 0 | 0 | 7 |
| Cámara | 18 | 1 | 0 | 19 |
| Entrega Derivado | 2 | 0 | 0 | 2 |
| Entrega Predial | 51 | 0 | 0 | 51 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.28-1 se muestra el trazado del canal Chunchuri Alto.

**FIGURA 8.2.28-1**
**TRAZADO CANAL CHUNCHURI ALTO**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

8.2.29. Canal Likantatay

Este canal toma sus aguas desde el canal Chunchuri Alto. Mantiene una longitud aproximada de 3,69 km. Si bien el estado general es bueno, existen varios tramos que necesitan reparación. El canal se encuentra mitad revestido y mitad entubado. Las entregas prediales del canal poseen estructuras de hormigón y en general se encuentran en buen estado, aunque hay algunas que necesitan reparación. Respecto a las obras catastradas, la mayoría están en buen estado, de entre estas destacan varias cámaras, una de ellas que entrega al Canal Sumaj Llajta.

En los Cuadros 8.2.29-1 a 8.2.29-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.29-4.

**CUADRO 8.2.29-1**
**ESTADO CANAL LIKANTATAY**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Con Impermeabilización** | 3.180,6 | 86,3 | 224,5 | 6,1 | 281,2 | 7,6 | 3.686,3 | 100,0 |
| **Total** | 3.180,6 | 86,3 | 224,5 | 6,1 | 281,2 | 7,6 | 3.686,3 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.29-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL LIKANTATAY**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 1.508,6 | 47,4 | 146,2 | 65,1 | 203,0 | 72,2 | 1.857,8 | 50,4 |
| **Entubado** | 1.672,0 | 52,6 | 78,3 | 34,9 | 78,2 | 27,8 | 1.828,5 | 49,6 |
| **TOTAL** | 3.180,6 | 100,0 | 224,5 | 100,0 | 281,2 | 100,0 | 3.686,3 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.29-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN LIKANTATAY**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Hormigón** | 1.798,2 | 48,8 |
| **Loseta** | 855,8 | 23,2 |
| **PVC** | 614,4 | 16,7 |
| **Acero** | 417,9 | 11,3 |
| **Total** | 3.686,3 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.29-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL LIKANTATAY**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Atravieso Camino** | 1 | 0 | 1 | 2 |
| **Cámara** | 13 | 0 | 0 | 13 |
| **Desarenador** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Derivado** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 20 | 4 | 7 | 31 |
| **Otro** | 2 | 1 | 0 | 3 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.29-1 se muestra el trazado del canal Likantatay.

**FIGURA 8.2.29-1**
**TRAZADO CANAL LIKANTATAY**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

8.2.30. Canal Derivado 1

Este canal toma sus aguas desde el de Canal Linkantay. Mantiene una longitud aproximada de 176 m de largo, los que se presentan totalmente en buen estado y revestidos de hormigón. Las obras presentes en el canal son un atravieso (en mal estado) y una entrega predial (de hormigón en buen estado).

En los Cuadros 8.2.30-1 a 8.2.30-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.30-4.

**CUADRO 8.2.30-1**
**ESTADO CANAL LIKANTATAY DERIVADO 1**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| Sin Impermeabilización | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Con Impermeabilización | 102,5 | 58,0 | 0,0 | 0,0 | 74,3 | 42,0 | 176,7 | 100,0 |
| Total | 102,5 | 58,0 | 0,0 | 0,0 | 74,3 | 42,0 | 176,7 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.30-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL LIKANTATAY DERIVADO 1**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| Revestido | 92,2 | 90,0 | 0,0 | 0,0 | 74,3 | 100,0 | 166,5 | 94,2 |
| Entubado | 10,2 | 10,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 10,2 | 5,8 |
| TOTAL | 102,5 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 74,3 | 100,0 | 176,7 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.30-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN LIKANTATAY DERIVADO 1**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Hormigón** | 166,5 | 94,2 |
| **Acero** | 10,2 | 5,8 |
| **Total** | 176,7 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.30-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL LIKANTATAY DERIVADO 1**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso** | 0 | 0 | 1 | 1 |
| **Entrega Derivado** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 2 | 0 | 1 | 3 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.30-1 se muestra el trazado del canal Derivado 1.

**FIGURA 8.2.30-1**
**TRAZADO CANAL DERIVADO 1**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

8.2.31. Canal Derivado 2

Este canal toma sus aguas desde el canal Likantatay. Mantiene una longitud aproximada de 1,31 km. Se encuentra totalmente revestido con hormigón y en buen estado, aun así, hay pequeños tramos que necesitan reparación. Respecto a las entregas prediales, son todas de hormigón; y si bien algunas necesitan reparación, el estado general es bueno. Además se observan dos atraviesos, uno en buen y otro en mal estado, dos cámaras y una entrega a derivado.

En los Cuadros 8.2.31-1 a 8.2.31-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.31-4.

**CUADRO 8.2.31-1**
**ESTADO CANAL LIKANTATAY DERIVADO 2**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Con Impermeabilización** | 1.021,6 | 78,2 | 231,6 | 17,7 | 52,5 | 4,0 | 1.305,7 | 100,0 |
| **Total** | 1.021,6 | 78,2 | 231,6 | 17,7 | 52,5 | 4,0 | 1.305,7 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.31-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL LIKANTATAY DERIVADO 2**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 1.001,2 | 98,0 | 231,6 | 100,0 | 52,5 | 100,0 | 1.285,3 | 98,4 |
| **Entubado** | 20,4 | 2,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 20,4 | 1,6 |
| **TOTAL** | 1.021,6 | 100,0 | 231,6 | 100,0 | 52,5 | 100,0 | 1.305,7 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.31-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN LIKANTATAY DERIVADO 2**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Hormigón** | 1.291,1 | 98,9 |
| **HDPE** | 11,4 | 0,9 |
| **Acero** | 3,2 | 0,2 |
| **Total** | 1.305,7 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.31-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL LIKANTATAY DERIVADO 2**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso** | 1 | 1 | 0 | 2 |
| **Cámara** | 2 | 0 | 0 | 2 |
| **Entrega Derivado** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 28 | 3 | 1 | 32 |
| **Otro** | 0 | 1 | 0 | 1 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.31-1 se muestra el trazado del canal Derivado 2.

**FIGURA 8.2.31-1**
**TRAZADO CANAL DERIVADO 2**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.2.32. Canal Sumac Llajta

Este canal toma sus aguas desde el canal Likantatay. Posee una longitud aproximada de 464 m, se encuentra en buen estado y totalmente revestido con loseta. Respecto a las entregas prediales, estas son de hormigón y se encuentran en buen estado. Las únicas obras presentes en el canal aparte de las entregas prediales son varios atraviesos, que son de diversos materiales y se encuentran en buen estado.

El canal no es utilizado actualmente debido a una incongruencia entre los derechos de aprovechamiento de aguas y el punto de captación, cuestión que está siendo subsanada por la comunidad de aguas.

En los Cuadros 8.2.32-1 a 8.2.32-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.32-4.

**CUADRO 8.2.32-1**
**ESTADO CANAL SUMAC LLAJTA**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 12,3 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 12,3 | 100,0 |
| **Con Impermeabilización** | 451,6 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 451,6 | 100,0 |
| **Total** | 451,6 | 97,3 | 12,3 | 2,7 | 0,0 | 0,0 | 464,0 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.32-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL SUMAC LLAJTA**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 448,8 | 99,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 448,8 | 99,4 |
| **Entubado** | 2,8 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,8 | 0,6 |
| **TOTAL** | 451,6 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 451,6 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.32-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN SUMAC LLAJTA**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Hormigón** | 8,1 | 1,8 |
| **Loseta** | 440,7 | 97,6 |
| **HDPE** | 2,8 | 0,6 |
| **Total** | 451,6 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.32-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL SUMAC LLAJTA**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 4 | 0 | 0 | 4 |
| **Atravieso Peatonal** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Derivado** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 5 | 0 | 0 | 5 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.32-1 se muestra el trazado del canal Sumac Llajta.

**FIGURA 8.2.32-1**
**TRAZADO CANAL SUMAJ LLAJTA**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

8.2.33. Canal Lay Lay La Banda Sector 1

Este canal toma sus aguas desde el canal Lay Lay. Mantiene una longitud de 0,9 km, caracterizándose mayoritariamente por un estado bueno (55 %), con algún sistema de impermeabilización en gran parte de su trayecto (63,6%). Entre las obras existentes en el trayecto del canal se encuentran: atraviesos, entregas prediales y otros.

En los Cuadros 8.2.33-1 a 8.2.33-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.33-4.

**CUADRO 8.2.33-1**
**ESTADO CANAL LAY LAY LA BANDA SECTOR 1**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 329,4 | 100,0 | 329,4 | 100,0 |
| **Con Impermeabilización** | 498,7 | 86,5 | 0,0 | 0,0 | 77,9 | 13,5 | 576,7 | 100,0 |
| **Total** | 498,7 | 55,0 | 0,0 | 0,0 | 407,3 | 45,0 | 906,1 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.33-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL LAY LAY LA BANDA SECTOR 1**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 498,7 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 77,9 | 100,0 | 576,7 | 100,0 |
| **TOTAL** | 498,7 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 77,9 | 100,0 | 576,7 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.33-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN LAY LAY LA BANDA SECTOR 1**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Hormigón** | 506,3 | 87,8 |
| **Loseta** | 70,3 | 12,2 |
| **Total** | 576,7 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.33-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL LAY LAY LA BANDA SECTOR 1**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 0 | 0 | 1 | 1 |
| **Atravieso Entrada Predio** | 5 | 0 | 1 | 6 |
| **Compuerta Regulación** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Derivado** | 2 | 0 | 0 | 2 |
| **Entrega Predial** | 8 | 0 | 4 | 12 |
| **Otra Singularidad** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Sifón** | 0 | 1 | 1 | 2 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.33-1 se muestra el trazado del canal Lay Lay la Banda Sector 1.

**FIGURA 8.2.33-1**
**TRAZADO CANAL LAY LAY LA BANDA SECTOR 1**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

8.2.34. Canal Lay Lay La Banda Sector 2

Este canal toma sus aguas desde el canal Lay Lay manteniendo una longitud aproximada de 1,41 km. El estado general del canal es bueno (53,6 %), presentándose el total de su trayecto con algún sistema de impermeabilización (principalmente revestimiento de hormigón). Entre las obras existentes en el trayecto del canal se encuentran: atraviesos, sifón, entregas prediales y otros.

En los Cuadros 8.2.34-1 a 8.2.34-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.34-4.

**CUADRO 8.2.34-1**
**ESTADO CANAL LAY LAY LA BANDA SECTOR 2**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| Sin Impermeabilización | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Con Impermeabilización | 757,1 | 53,6 | 3,4 | 0,2 | 652,8 | 46,2 | 1.413,2 | 100,0 |
| Total | 757,1 | 53,6 | 3,4 | 0,2 | 652,8 | 46,2 | 1.413,2 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.34-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL LAY LAY LA BANDA SECTOR 2**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| Revestido | 685,7 | 90,6 | 0,0 | 0,0 | 652,8 | 100,0 | 1.338,5 | 94,7 |
| Alcantarilla | 71,3 | 9,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 71,3 | 5,0 |
| Entubado | 0,0 | 0,0 | 3,4 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 3,4 | 0,2 |
| TOTAL | 757,1 | 100,0 | 3,4 | 100,0 | 652,8 | 100,0 | 1.413,2 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.34-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN LAY LAY LA BANDA SECTOR 2**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| Hormigón | 283,5 | 20,1 |
| Mampostería | 478,5 | 33,9 |
| Loseta | 651,3 | 46,1 |
| Total | 1.413,2 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.34-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL LAY LAY LA BANDA SECTOR 2**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| Atravieso | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Atravieso Camino | 2 | 0 | 0 | 2 |
| Atravieso Entrada Predio | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Cruce Canal | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Entrega Derivado | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Entrega Predial | 20 | 0 | 3 | 23 |
| Otra Singularidad | 2 | 1 | 0 | 3 |
| Sifón | 1 | 0 | 1 | 2 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.34-1 se muestra el trazado del canal Lay Lay la Banda Sector 2.

**FIGURA 8.2.34-1**
**TRAZADO CANAL LAY LAY LA BANDA SECTOR 2**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

8.2.35. Canal Lay Lay La Banda 1

Este canal toma sus aguas desde el canal Lay Lay la Banda Sector 2, manteniendo una longitud aproximada de 0,35 km. El estado general del canal es bueno (62,8 %), presentándose gran parte de su trayecto sin impermeabilización (80,1%). Entre las obras existentes sólo se reconocen entregas prediales y el sistema de entrega de agua desde el canal Lay Lay la Banda Sector 2.

En los Cuadros 8.2.35-1 a 8.2.35-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.35-4.

**CUADRO 8.2.35-1**
**ESTADO CANAL LAY LAY LA BANDA 1**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 212,4 | 75,1 | 0,0 | 0,0 | 70,6 | 24,9 | 282,9 | 100,0 |
| **Con Impermeabilización** | 9,5 | 13,5 | 0,0 | 0,0 | 60,8 | 86,5 | 70,2 | 100,0 |
| **Total** | 221,8 | 62,8 | 0,0 | 0,0 | 131,3 | 37,2 | 353,2 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.35-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL LAY LAY LA BANDA 1**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 60,8 | 100,0 | 60,8 | 86,5 |
| **Entubado** | 9,5 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 9,5 | 13,5 |
| **TOTAL** | 9,5 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 60,8 | 100,0 | 70,2 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.35-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN LAY LAY LA BANDA 1**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Hormigón** | 9,5 | 13,5 |
| **Mampostería** | 60,8 | 86,5 |
| **Total** | 70,2 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.35-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL LAY LAY LA BANDA 1**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Entrega Derivado** | 2 | 0 | 0 | 2 |
| **Entrega Predial** | 6 | 0 | 1 | 7 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.35-1 se muestra el trazado del canal Lay Lay Banda 1.

**FIGURA 8.2.35-1**
**TRAZADO CANAL LAY LAY LA BANDA 1**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

8.2.36. Canal Lay Lay La Banda 2

Este canal toma sus aguas desde el canal Lay Lay La Banda 1, manteniendo una longitud aproximada de 0,32 km. El estado general del canal es regular (76,3 %), presentándose gran parte de su trayecto sin impermeabilización (74%). Entre las obras existentes sólo se reconocen entregas prediales, atraviesos y el sistema de entrega de agua desde el canal Lay Lay la Banda 1.

En los Cuadros 8.2.36-1 a 8.2.36-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.36-4.

**CUADRO 8.2.36-1**
**ESTADO CANAL LAY LAY LA BANDA 2**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 56,8 | 23,7 | 0,0 | 0,0 | 182,7 | 76,3 | 239,5 | 100,0 |
| **Con Impermeabilización** | 23,3 | 27,7 | 7,8 | 9,3 | 53,0 | 62,9 | 84,2 | 100,0 |
| **Total** | 80,1 | 24,8 | 7,8 | 2,4 | 235,7 | 72,8 | 323,7 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.36-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL LAY LAY LA BANDA 2**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 6,5 | 27,9 | 7,8 | 100,0 | 53,0 | 100,0 | 67,4 | 80,0 |
| **Abovedado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Alcantarilla** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Entubado** | 16,8 | 72,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 16,8 | 20,0 |
| **Tramo Túnel** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **TOTAL** | 23,3 | 100,0 | 7,8 | 100,0 | 53,0 | 100,0 | 84,2 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.36-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN LAY LAY LA BANDA 2**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Hormigón** | 16,8 | 20,0 |
| **Mampostería** | 67,4 | 80,0 |
| **Total** | 84,2 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.36-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL LAY LAY LA BANDA 2**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 3 | 0 | 0 | 3 |
| **Atravieso Entrada Predio** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Derivado** | 0 | 0 | 1 | 1 |
| **Entrega Predial** | 1 | 3 | 4 | 8 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.36-1 se muestra el trazado del canal Lay Lay Banda 2.

**FIGURA 8.2.36-1**
**TRAZADO CANAL LAY LAY LA BANDA 2**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

8.2.37. Canal Lay Lay La Banda 3

Este canal toma sus aguas desde el canal Lay Lay La Banda Sector 2, manteniendo una longitud aproximada de 0,30 km. El estado general del canal es Malo (55,5 %), presentándose gran parte de su trayecto sin impermeabilización (95,4%). Entre las obras existentes se ha constatado cruce canal, entregas prediales, un sifón y la entrega de agua desde el canal Lay Lay la Banda Sector 2.

En los Cuadros 8.2.37-1 a 8.2.37-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.2.37-4.

**CUADRO 8.2.37-1**
**ESTADO CANAL LAY LAY LA BANDA 3**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| Sin Impermeabilización | 0,0 | 0,0 | 170,7 | 58,1 | 122,8 | 41,9 | 293,5 | 100,0 |
| Con Impermeabilización | 5,4 | 38,2 | 0,0 | 0,0 | 8,7 | 61,8 | 14,2 | 100,0 |
| Total | 5,4 | 1,8 | 170,7 | 55,5 | 131,6 | 42,8 | 307,7 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.37-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL LAY LAY LA BANDA 3**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| Revestido | 5,4 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 8,7 | 100,0 | 14,2 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.37-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN LAY LAY LA BANDA 3**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| Mampostería | 8,8 | 62,4 |
| Acero | 5,3 | 37,6 |
| Total | 14,2 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.2.37-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL LAY LAY LA BANDA 3**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| Cruce Canal | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Entrega Derivado | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Entrega Predial | 1 | 3 | 4 | 8 |
| Sifón | 0 | 1 | 0 | 1 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.2.37-1 se muestra el trazado del canal Lay Lay Banda 3.

**FIGURA 8.2.37-1**
**TRAZADO CANAL LAY LAY LA BANDA 3**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.3. Zona de Riego Yalquincha

### 8.3.1. Descripción General de la Red de Riego

Zona de riego compuesta por 8,75 km de canal. Esta zona de riego cuenta con dos canales que captan sus aguas desde el Río Loa, según se muestra en el diagrama unifilar de la Figura 8.3.1-1. El canal se presenta mayoritariamente en mal estado (66,4%) y sin recubrimiento (52%). Uno de sus canales está en desuso y sin material de impermeabilización. Respecto a los tramos revestidos, son principalmente de hormigón o loseta.

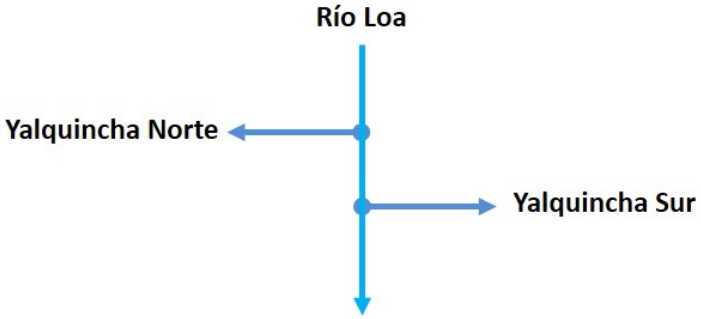



**FIGURA 8.3.1-1**
**UNIFILAR SISTEMA DE CANALES SECTOR DE RIEGO YALQUINCHA**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

El Estado de conservación de los canales que componen la red, el tipo de impermeabilización de estos, y los materiales de impermeabilización asociados a las distancias calculadas se pueden observar en los Cuadros 8.3.1-1 a 8.3.1-4 respectivamente. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.3.1-4.

## CUADRO 8.3.1-1
## TIPO CANALES, SECTOR DE RIEGO YALQUINCHA

| Tipo Canal | Cantidad | Distancia | |
|---|---|---|---|
| | | (m) | (%) |
| **Matriz** | 2 | 8.756,0 | 100% |
| **Derivado** | 0 | 0,0 | 0% |
| **Subderivado** | 0 | 0,0 | 0% |
| **Sub - Subderivado** | 0 | 0,0 | 0% |
| **Total** | 2,0 | 8.756,0 | 100% |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## CUADRO 8.3.1-2
## ESTADO CANALES, SECTOR DE RIEGO YALQUINCHA

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 4.420,8 | 97,2 | 125,8 | 2,8 | 4.546,6 | 100,0 |
| **Con Impermeabilización** | 2.241,8 | 53,3 | 1.394,0 | 33,1 | 573,6 | 13,6 | 4.209,4 | 100,0 |
| **Total** | 2.241,8 | 25,6 | 5.814,8 | 66,4 | 699,4 | 8,0 | 8.756,0 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## CUADRO 8.3.1-3
## TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANALES, SECTOR DE RIEGO YALQUINCHA

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 2.206,0 | 98,4 | 1.394,0 | 100,0 | 571,3 | 99,6 | 4.171,3 | 99,1 |
| **Abovedado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Alcantarilla** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Entubado** | 35,8 | 1,6 | 0,0 | 0,0 | 2,2 | 0,4 | 38,1 | 0,9 |
| **Tramo Túnel** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **TOTAL** | 2.241,8 | 100,0 | 1.394,0 | 100,0 | 573,6 | 100,0 | 4.209,4 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## CUADRO 8.3.1-4
## MATERIAL CANALES CON IMPERMEABILIZACIÓN, SECTOR DE RIEGO YALQUINCHA

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Goma** | 222,4 | 0,4 |
| **Hormigón** | 32.580,4 | 65,1 |
| **Mampostería** | 694,4 | 1,4 |
| **Loseta** | 7.233,0 | 14,5 |
| **HDPE** | 6.776,7 | 13,5 |
| **PVC** | 614,4 | 1,2 |
| **Acero** | 1.924,6 | 3,8 |
| **Tambores** | 0,0 | 0,0 |
| **Rocas** | 0,0 | 0,0 |
| **Total** | 50.045,9 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En adelante se describe cada uno de los canales que compone esta zona de riego.

### 8.3.2. Canal Yalquincha Norte

Canal abierto, sin uso, de 4,28 km de longitud aproximadamente. El canal está en muy mal estado, ya que además de no estar revestido, presenta varios derrumbes en su trayecto. Presenta una bocatoma rustica de tierra en mal estado. Respecto a las singularidades, el canal presenta pequeños tramos en túnel revestidos de mampostería en mal estado (estos tramos constituyen menos del 1% del canal). Las entregas prediales, se presentan en dos formatos, de tierra o de mampostería, en ambos casos presentan un mal estado.

Canal no habilitado para riego, pero está en trámite para cambiar el punto de captación.

La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.3.2-1.

**CUADRO 8.3.2-1**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL YALQUINCHA NORTE**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Bocatoma** | 0 | 1 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 0 | 9 | 2 | 11 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.3.2-1 se muestra el trazado del canal Yalquincha Norte.

**FIGURA 8.3.2-1**
**TRAZADO CANAL YALQUINCHA NORTE**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

### 8.3.3. Canal Yalquincha Sur

Canal de uso permanente de 4,47 km de extensión. El canal presenta gran parte de su trayecto revestido con loseta (60,3%) y hormigón (39%), aun así, el estado del canal no mantiene un porcentaje importante en condición buena (sólo un 50%), debido al deterioro en el material y presencia de derrumbes. Las entregas prediales en el trayecto del canal en su mayoría tienen estructuras de hormigón en buen estado. Entre las obras catastradas destaca la gran cantidad de atraviesos presentes (principalmente de caminos), los cuales están en buenas condiciones.

En los Cuadros 8.3.3-1 a 8.3.3-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.3.3-4.

**CUADRO 8.3.3-1**
**ESTADO CANAL YALQUINCHA SUR**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 135,6 | 51,9 | 125,8 | 48,1 | 261,3 | 100,0 |
| **Con Impermeabilización** | 2.241,8 | 53,3 | 1.394,0 | 33,1 | 573,6 | 13,6 | 4.209,4 | 100,0 |
| **Total** | 2.241,8 | 50,1 | 1.529,5 | 34,2 | 699,4 | 15,6 | 4.470,7 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.3.3-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL YALQUINCHA SUR**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 2.206,0 | 98,4 | 1.394,0 | 100,0 | 571,3 | 99,6 | 4.171,3 | 99,1 |
| **Abovedado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Alcantarilla** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Entubado** | 35,8 | 1,6 | 0,0 | 0,0 | 2,2 | 0,4 | 38,1 | 0,9 |
| **Tramo Túnel** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **TOTAL** | 2.241,8 | 100,0 | 1.394,0 | 100,0 | 573,6 | 100,0 | 4.209,4 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.3.3-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN YALQUINCHA SUR**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Goma** | 0,0 | 0,0 |
| **Hormigón** | 1.642,4 | 39,0 |
| **Mampostería** | 0,0 | 0,0 |
| **Loseta** | 2.537,3 | 60,3 |
| **HDPE** | 7,1 | 0,2 |
| **PVC** | 0,0 | 0,0 |
| **Acero** | 22,6 | 0,5 |
| **Tambores** | 0,0 | 0,0 |
| **Rocas** | 0,0 | 0,0 |
| **Total** | 4.209,4 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.3.3-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL YALQUINCHA SUR**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso** | 2 | 0 | 0 | 2 |
| **Atravieso Camino** | 16 | 0 | 1 | 17 |
| **Atravieso Entrada Predio** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Bocatoma** | 0 | 1 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 26 | 9 | 4 | 39 |
| **Otra Singularidad** | 0 | 1 | 0 | 1 |
| **Otro** | 2 | 1 | 0 | 3 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.3.3-1 se muestra el trazado del canal Yalquincha Sur.

**FIGURA 8.3.3-1**
**TRAZADO CANAL YALQUINCHA SUR**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.4. Zona de Riego Ayquina

### 8.4.1. Descripción General de la Red de Riego

Esta zona de riego presenta 1 km de canal, los cuales se dividen en dos canales de uso permanente, los cuales captan sus aguas desde una vertiente (Ver Figura 8.4.1-1). Esta zona se caracteriza por el buen estado de sus canales, los cuales están revestidos principalmente con Hormigón (65,1% de la distancia total de canales impermeabilizados).

**FIGURA 8.4.1-1**
**UNIFILAR SISTEMA DE CANALES SECTOR DE RIEGO AYQUINA**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

El Estado de conservación de los canales que componen la red, el tipo de impermeabilización de estos, y los materiales de impermeabilización asociados a las distancias calculadas se pueden observar en los Cuadros 8.4.1-1 a 8.4.1-4 respectivamente.

**CUADRO 8.4.1-1**
**TIPO CANALES, SECTOR DE RIEGO AYQUINA**

| Tipo Canal | Cantidad | Distancia | |
|---|---|---|---|
| | | (m) | (%) |
| **Matriz** | 2 | 1.022,5 | 100% |
| **Derivado** | 0 | 0,0 | 0% |
| **Subderivado** | 0 | 0,0 | 0% |
| **Sub - Subderivado** | 0 | 0,0 | 0% |
| **Total** | 2 | 1.022,5 | 100% |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.4.1-2**
**ESTADO CANALES, SECTOR DE RIEGO AYQUINA**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Con Impermeabilización** | 125,3 | 12,3 | 897,1 | 87,7 | 0,0 | 0,0 | 1.022,5 | 100,0 |
| **Total** | 125,3 | 12,3 | 897,1 | 87,7 | 0,0 | 0,0 | 1.022,5 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.4.1-3**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANALES, SECTOR DE RIEGO AYQUINA**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 73,4 | 58,5 | 897,1 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 970,5 | 94,9 |
| **Abovedado** | 30,1 | 24,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 30,1 | 2,9 |
| **Alcantarilla** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Entubado** | 21,8 | 17,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 21,8 | 2,1 |
| **Tramo Túnel** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **TOTAL** | 125,3 | 100,0 | 897,1 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 1.022,5 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.4.1-4**
**MATERIAL CANALES CON IMPERMEABILIZACIÓN, SECTOR DE RIEGO AYQUINA**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Goma** | 222,4 | 0,4 |
| **Hormigón** | 32.580,4 | 65,1 |
| **Mampostería** | 694,4 | 1,4 |
| **Loseta** | 7.233,0 | 14,5 |
| **HDPE** | 6.776,7 | 13,5 |
| **PVC** | 614,4 | 1,2 |
| **Acero** | 1.924,6 | 3,8 |
| **Tambores** | 0,0 | 0,0 |
| **Rocas** | 0,0 | 0,0 |
| **Total** | 50.045,9 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En adelante se describe cada uno de los canales que compone esta zona de riego.

## 8.4.2. Canal Ayquina Derecho

Canal en buen estado de 663,5 m de largo. El canal tiene revestimiento de mampostería en toda su extensión. Respecto a las entregas prediales existentes, son principalmente de mampostería en mal estado. Entre las obras que destacan en el trayecto del canal destacan un estanque de hormigón y un disipador.

En los Cuadros 8.4.2-1 a 8.4.2-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.4.2-4.

## CUADRO 8.4.2-1
## ESTADO CANAL AYQUINA DERECHO

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| Sin Impermeabilización | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Con Impermeabilización | 107,5 | 16,2 | 556,0 | 83,8 | 0,0 | 0,0 | 663,5 | 100,0 |
| Total | 107,5 | 16,2 | 556,0 | 83,8 | 0,0 | 0,0 | 663,5 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## CUADRO 8.4.2-2
## TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL AYQUINA DERECHO

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| Revestido | 55,5 | 51,7 | 556,0 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 611,5 | 92,2 |
| Abovedado | 30,1 | 28,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 30,1 | 4,5 |
| Alcantarilla | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Entubado | 21,8 | 20,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 21,8 | 3,3 |
| Tramo Túnel | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| TOTAL | 107,5 | 100,0 | 556,0 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 663,5 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## CUADRO 8.4.2-3
## MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN AYQUINA DERECHO

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| Goma | 0,0 | 0,0 |
| Hormigón | 3,2 | 0,5 |
| Mampostería | 638,5 | 96,2 |
| Loseta | 0,0 | 0,0 |
| HDPE | 0,0 | 0,0 |
| PVC | 0,0 | 0,0 |
| Acero | 21,8 | 3,3 |
| Tambores | 0,0 | 0,0 |
| Rocas | 0,0 | 0,0 |
| Total | 663,5 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## CUADRO 8.4.2-4
## OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL AYQUINA DERECHO

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| Atravieso Camino | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Bocatoma | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Disipador | 1 | 1 | 0 | 2 |
| Entrega Predial | 0 | 23 | 0 | 23 |
| Otro | 1 | 0 | 0 | 1 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.4.2-1 se muestra el trazado del canal Ayquina Derecho.

**FIGURA 8.4.2-1**
**TRAZADO CANAL AYQUINA DERECHO**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.4.3. Canal Ayquina Izquierdo

Canal de uso permanente, en buen estado y de 359 m de extensión. Al igual que Ayquina derecho, está revestido completamente de mampostería en buen estado. Las entregas prediales tienen estructuras de mampostería en mal estado.

En los Cuadros 8.4.3-1 a 8.4.3-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.4.3-4.

**CUADRO 8.4.3-1**
**ESTADO CANAL AYQUINA IZQUIERDO**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Con Impermeabilización** | 17,8 | 5,0 | 341,2 | 95,0 | 0,0 | 0,0 | 359,0 | 100,0 |
| **Total** | 17,8 | 5,0 | 341,2 | 95,0 | 0,0 | 0,0 | 359,0 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.4.3-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL AYQUINA IZQUIERDO**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 17,8 | 100,0 | 341,2 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 359,0 | 100,0 |
| **Abovedado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Alcantarilla** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Entubado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Tramo Túnel** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **TOTAL** | 17,8 | 100,0 | 341,2 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 359,0 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.4.3-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN AYQUINA IZQUIERDO**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Goma** | 0,0 | 0,0 |
| **Hormigón** | 12,8 | 3,6 |
| **Mampostería** | 346,2 | 96,4 |
| **Loseta** | 0,0 | 0,0 |
| **HDPE** | 0,0 | 0,0 |
| **PVC** | 0,0 | 0,0 |
| **Acero** | 0,0 | 0,0 |
| **Tambores** | 0,0 | 0,0 |
| **Rocas** | 0,0 | 0,0 |
| **Total** | 359,0 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.4.3-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL AYQUINA IZQUIERDO**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Bocatoma** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 0 | 15 | 0 | 15 |
| **Otro** | 1 | 1 | 0 | 2 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.4.3-1 se muestra el trazado del canal Ayquina Izquierdo.

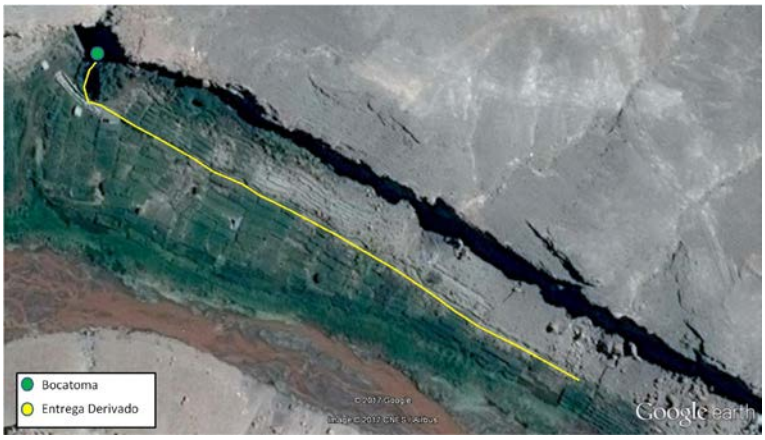



**FIGURA 8.4.3-1**
**TRAZADO CANAL AYQUINA IZQUIERDO**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.5. Zona de Riego Lasana – Chiu Chiu

### 8.5.1. Descripción General de la Red de Riego

Esta zona se abastece de una red de 38,6 km de canal, los cuales están totalmente en uso. La red de canales se compone de 17 canales (ver Figura 8.5.1-1). En general esta red de canales se encuentra en buen estado (77,1%), presentándose mayoritariamente canales revestidos.

El Estado de conservación de los canales que componen la red, el tipo de impermeabilización de estos, y los materiales de impermeabilización asociados a las distancias calculadas se pueden observar en los Cuadros 8.5.1-1 a 8.5.1-4 respectivamente.

**CUADRO 8.5.1-1**
**TIPO CANALES, SECTOR DE RIEGO LASANA - CHIU CHIU**

| Tipo Canal | Cantidad | Distancia | |
|---|---|---|---|
| | | (m) | (%) |
| **Matriz** | 9 | 31.820,4 | 82% |
| **Derivado** | 6 | 6.040,7 | 16% |
| **Subderivado** | 2 | 730,1 | 2% |
| **Sub - Subderivado** | 0 | 0,0 | 0% |
| **Total** | 17 | 38.591,3 | 100% |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

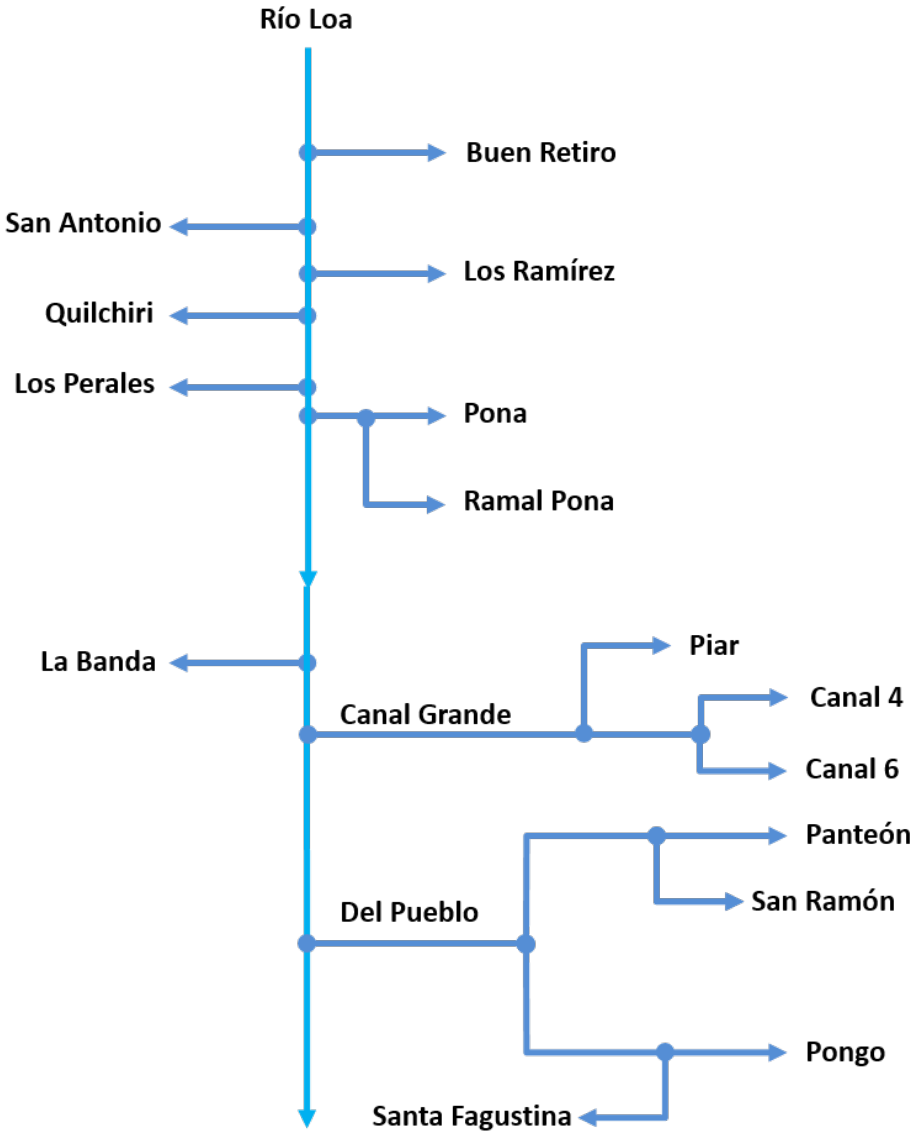



**FIGURA 8.5.1-1**
**UNIFILAR SISTEMA DE CANALES SECTOR DE RIEGO LASANA CHIU CHIU**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.1-2**
**ESTADO CANALES, SECTOR DE RIEGO LASANA - CHIU CHIU**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 1.487,4 | 83,8 | 287,2 | 16,2 | 1.774,6 | 100,0 |
| **Con Impermeabilización** | 29.770,2 | 80,9 | 2.504,3 | 6,8 | 4.542,2 | 12,3 | 36.816,6 | 100,0 |
| **Total** | 29.770,2 | 77,1 | 3.991,7 | 10,3 | 4.829,4 | 12,5 | 38.591,3 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.1-3**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANALES, SECTOR DE RIEGO LASANA - CHIU CHIU**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 29.148,7 | 97,9 | 2.468,9 | 98,6 | 4.414,1 | 97,2 | 36.031,7 | 97,9 |
| **Abovedado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Alcantarilla** | 39,5 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 39,5 | 0,1 |
| **Entubado** | 581,9 | 2,0 | 35,4 | 1,4 | 123,4 | 2,7 | 740,7 | 2,0 |
| **Tramo Túnel** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 4,7 | 0,1 | 4,7 | 0,0 |
| **TOTAL** | 29.770,2 | 100,0 | 2.504,3 | 100,0 | 4.542,2 | 100,0 | 36.816,6 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.1-4**
**MATERIAL CANALES CON IMPERMEABILIZACIÓN, SECTOR DE RIEGO LASANA - CHIU CHIU**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Goma** | 222,4 | 0,4 |
| **Hormigón** | 32.580,4 | 65,1 |
| **Mampostería** | 694,4 | 1,4 |
| **Loseta** | 7.233,0 | 14,5 |
| **HDPE** | 6.776,7 | 13,5 |
| **PVC** | 614,4 | 1,2 |
| **Acero** | 1.924,6 | 3,8 |
| **Tambores** | 0,0 | 0,0 |
| **Rocas** | 0,0 | 0,0 |
| **Total** | 50.045,9 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En adelante se describe cada uno de los canales que compone esta zona de riego.

## 8.5.2. Canal Los Perales

Canal matriz de 2,57 km casi completamente en buen estado (83,9%). El canal presenta 99% de su trayecto revestido y el porcentaje restante se encuentra entubado. Las entregas prediales son principalmente de mampostería y se encuentran en buen estado. Además de las entregas prediales, en el canal se encuentran otras obras como son: Bocatoma y botadero de hormigón, y un estanque acumulador con estructura de mampostería; todas estas obras se encuentran en buenas condiciones.

En los Cuadros 8.5.2-1 a 8.5.2-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.5.2-4.

## CUADRO 8.5.2-1
## ESTADO CANAL LOS PERALES

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| Sin Impermeabilización | 0,0 | 0,0 | 13,4 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 13,4 | 100,0 |
| Con Impermeabilización | 2.161,4 | 84,3 | 250,3 | 9,8 | 151,0 | 5,9 | 2.562,8 | 100,0 |
| Total | 2.161,4 | 83,9 | 263,7 | 10,2 | 151,0 | 5,9 | 2.576,2 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## CUADRO 8.5.2-2
## TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL LOS PERALES

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| Revestido | 2.146,3 | 99,3 | 250,3 | 100,0 | 133,5 | 88,4 | 2.530,1 | 98,7 |
| Abovedado | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Alcantarilla | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Entubado | 15,1 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 17,5 | 11,6 | 32,6 | 1,3 |
| Tramo Túnel | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| TOTAL | 2.161,4 | 100,0 | 250,3 | 100,0 | 151,0 | 100,0 | 2.562,8 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## CUADRO 8.5.2-3
## MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN LOS PERALES

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| Goma | 0,0 | 0,0 |
| Hormigón | 77,8 | 3,0 |
| Mampostería | 2.452,3 | 95,7 |
| Loseta | 0,0 | 0,0 |
| HDPE | 0,0 | 0,0 |
| PVC | 0,0 | 0,0 |
| Acero | 32,6 | 1,3 |
| Tambores | 0,0 | 0,0 |
| Rocas | 0,0 | 0,0 |
| Total | 2.562,8 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## CUADRO 8.5.2-4
## OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL LOS PERALES

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| Atravieso Camino | 1 | 0 | 1 | 2 |
| Bocatoma | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Entrega Predial | 13 | 6 | 4 | 23 |
| Otro | 5 | 0 | 1 | 6 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.5.2-1 se muestra el trazado del canal Los Perales.

**FIGURA 8.5.2-1**
**TRAZADO CANAL LOS PERALES**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.5.3. Canal Los Ramírez

Canal matriz con bocatoma de mampostería en buen estado. Tiene una longitud de 2,33 km, su estado general es bueno y presenta revestimiento en la gran mayoría de su trayecto. En el trayecto del canal se encuentran algunas obras como atraviesos, un botadero y una estación DGA (fuera de servicio); la mayoría de estas estructuras son de hormigón y se encuentran en buen estado. Respecto a las entregas prediales, muchas de estas son de goma y se encuentran en mal estado.

En los Cuadros 8.5.3-1 a 8.5.3-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.5.3-4.

**CUADRO 8.5.3-1**
**ESTADO CANAL LOS RAMÍREZ**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 250,7 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 250,7 | 100,0 |
| **Con Impermeabilización** | 1.333,3 | 64,1 | 609,8 | 29,3 | 138,2 | 6,6 | 2.081,3 | 100,0 |
| **Total** | 1.333,3 | 57,2 | 860,5 | 36,9 | 138,2 | 5,9 | 2.332,0 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.3-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL LOS RAMÍREZ**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 1.292,4 | 96,9 | 609,8 | 100,0 | 109,7 | 79,4 | 2.011,9 | 96,7 |
| **Abovedado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Alcantarilla** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Entubado** | 40,9 | 3,1 | 0,0 | 0,0 | 28,5 | 20,6 | 69,4 | 3,3 |
| **Tramo Túnel** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **TOTAL** | 1.333,3 | 100,0 | 609,8 | 100,0 | 138,2 | 100,0 | 2.081,3 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.3-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN LOS RAMÍREZ**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Goma** | 691,3 | 33,2 |
| **Hormigón** | 1.146,8 | 55,1 |
| **Mampostería** | 173,8 | 8,3 |
| **Loseta** | 0,0 | 0,0 |
| **HDPE** | 21,4 | 1,0 |
| **PVC** | 0,0 | 0,0 |
| **Acero** | 48,0 | 2,3 |
| **Tambores** | 0,0 | 0,0 |
| **Rocas** | 0,0 | 0,0 |
| **Total** | 2.081,3 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.3-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL LOS RAMÍREZ**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 1 | 3 | 0 | 4 |
| **Bocatoma** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 9 | 11 | 2 | 22 |
| **Otro** | 3 | 1 | 0 | 4 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.5.3-1 se muestra el trazado del canal Los Ramírez.

**FIGURA 8.5.3-1**
**TRAZADO CANAL LOS RAMÍREZ**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.5.4. Canal Pona

Canal matriz con bocatoma de hormigón; presenta un trayecto total de 4,33km de los cuales la mayoría están revestidos y en buen estado. Las obras existentes en el canal se encuentran en buen estado y corresponden a atraviesos, estanque, botadero, desarenador y entregas prediales (la mayoría son de hormigón).

En los Cuadros 8.5.4-1 a 8.5.4-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.5.4-4.

**CUADRO 8.5.4-1**
**ESTADO CANAL PONA**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 373,0 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 373,0 | 100,0 |
| **Con Impermeabilización** | 3.839,1 | 97,0 | 53,8 | 1,4 | 65,0 | 1,6 | 3.957,9 | 100,0 |
| **Total** | 3.839,1 | 88,6 | 426,8 | 9,9 | 65,0 | 1,5 | 4.330,9 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.4-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL PONA**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 3.450,1 | 89,9 | 53,8 | 100,0 | 44,4 | 68,3 | 3.548,3 | 89,7 |
| **Abovedado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Alcantarilla** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Entubado** | 389,0 | 10,1 | 0,0 | 0,0 | 20,6 | 31,7 | 409,6 | 10,3 |
| **Tramo Túnel** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **TOTAL** | 3.839,1 | 100,0 | 53,8 | 100,0 | 65,0 | 100,0 | 3.957,9 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.4-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN PONA**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Goma** | 0,0 | 0,0 |
| **Hormigón** | 2.369,8 | 59,9 |
| **Mampostería** | 1.183,6 | 29,9 |
| **Loseta** | 0,0 | 0,0 |
| **HDPE** | 225,4 | 5,7 |
| **PVC** | 0,0 | 0,0 |
| **Acero** | 179,1 | 4,5 |
| **Tambores** | 0,0 | 0,0 |
| **Rocas** | 0,0 | 0,0 |
| **Total** | 3.957,9 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.4-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL PONA**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 2 | 0 | 0 | 2 |
| **Bocatoma** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Desarenador** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 53 | 1 | 3 | 57 |
| **Otra Singularidad** | 3 | 0 | 0 | 3 |
| **Otro** | 2 | 0 | 0 | 2 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.5.4-1 se muestra el trazado del canal Pona.

**FIGURA 8.5.4-1**
**TRAZADO CANAL PONA**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.5.5. Ramal Pona

Canal derivado del canal Pona. Presenta una longitud de 1,44 km los cuales están en buenas condiciones y principalmente revestidos con mampostería. Respecto a las entregas prediales, son casi todas de mampostería y se encuentran en buen estado. De las obras catastradas, se pueden notar varios atraviesos, un desarenador, una entrega al canal y la que más destaca es una rotura clandestina para robo de agua hecha de mampostería.

En los Cuadros 8.5.5-1 a 8.5.5-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.5.5-4.

**CUADRO 8.5.5-1**
**ESTADO CANAL RAMAL PONA**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Con Impermeabilización** | 1.267,0 | 88,2 | 29,4 | 2,0 | 140,2 | 9,8 | 1.436,6 | 100,0 |
| **Total** | 1.267,0 | 88,2 | 29,4 | 2,0 | 140,2 | 9,8 | 1.436,6 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.5-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL RAMAL PONA**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 1.265,6 | 99,9 | 29,4 | 100,0 | 140,2 | 100,0 | 1.435,2 | 99,9 |
| **Abovedado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Alcantarilla** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Entubado** | 1,4 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,4 | 0,1 |
| **Tramo Túnel** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **TOTAL** | 1.267,0 | 100,0 | 29,4 | 100,0 | 140,2 | 100,0 | 1.436,6 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.5-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN RAMAL PONA**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Goma** | 0,0 | 0,0 |
| **Hormigón** | 22,4 | 1,6 |
| **Mampostería** | 1.412,9 | 98,3 |
| **Loseta** | 0,0 | 0,0 |
| **HDPE** | 0,0 | 0,0 |
| **PVC** | 0,0 | 0,0 |
| **Acero** | 1,4 | 0,1 |
| **Tambores** | 0,0 | 0,0 |
| **Rocas** | 0,0 | 0,0 |
| **Total** | 1.436,6 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.5-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL RAMAL PONA**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 6 | 0 | 0 | 6 |
| **Desarenador** | 1 | 1 | 0 | 2 |
| **Entrega Derivado** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 27 | 1 | 2 | 30 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.5.5-1 se muestra el trazado del canal Ramal Pona.

**FIGURA 8.5.5-1**
**TRAZADO CANAL RAMAL PONA**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.5.6. Canal San Antonio

Canal matriz de longitud 1,96km, el estado general del canal es malo (66,6%). Posee una bocatoma rústica (de tierra) en mal estado. Entre las obras existentes en el trayecto del canal se encuentran: atraviesos (de madera) en mal estado, botaderos de hormigón, un estanque y una estación DGA (fuera de servicio). Las entregas prediales en este canal están revestidas de goma y se encuentran en un pésimo estado.

En los Cuadros 8.5.6-1 a 8.5.6-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.5.6-4.

**CUADRO 8.5.6-1**
**ESTADO CANAL SAN ANTONIO**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Con Impermeabilización** | 624,3 | 33,4 | 1.245,2 | 66,6 | 0,0 | 0,0 | 1.869,6 | 100,0 |
| **Total** | 624,3 | 33,4 | 1.245,2 | 66,6 | 0,0 | 0,0 | 1.869,6 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.6-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL SAN ANTONIO**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 624,3 | 100,0 | 1.209,8 | 97,2 | 0,0 | 0,0 | 1.834,1 | 98,1 |
| **Abovedado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Alcantarilla** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Entubado** | 0,0 | 0,0 | 35,4 | 2,8 | 0,0 | 0,0 | 35,4 | 1,9 |
| **Tramo Túnel** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **TOTAL** | 624,3 | 100,0 | 1.245,2 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 1.869,6 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.6-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN SAN ANTONIO**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Goma** | 1.105,4 | 59,1 |
| **Hormigón** | 224,3 | 12,0 |
| **Mampostería** | 504,4 | 27,0 |
| **Loseta** | 0,0 | 0,0 |
| **HDPE** | 35,4 | 1,9 |
| **PVC** | 0,0 | 0,0 |
| **Acero** | 0,0 | 0,0 |
| **Tambores** | 0,0 | 0,0 |
| **Rocas** | 0,0 | 0,0 |
| **Total** | 1.869,6 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.6-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL SAN ANTONIO**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 0 | 3 | 0 | 3 |
| **Bocatoma** | 0 | 1 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 0 | 8 | 1 | 9 |
| **Otro** | 2 | 0 | 0 | 2 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.5.6-1 se muestra el trazado del canal San Antonio.

**FIGURA 8.5.6-1**
**TRAZADO CANAL SAN ANTONIO**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.5.7. Canal Quilchiri

Canal matriz de longitud 1,35 km, el estado general del canal es regular (75,1%). Posee una bocatoma en buen estado, presentándose gran parte del canal con algún sistema de impermeabilización (99%). Entre las obras existentes en el trayecto del canal se encuentran: atraviesos, botadero, y entregas prediales.

En los Cuadros 8.5.7-1 a 8.5.7-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.5.7-4.

**CUADRO 8.5.7-1**
**ESTADO CANAL QUILCHIRI**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 13,1 | 100,0 | 13,1 | 100,0 |
| **Con Impermeabilización** | 336,6 | 25,2 | 0,0 | 0,0 | 1.001,7 | 74,8 | 1.338,3 | 100,0 |
| **Total** | 336,6 | 24,9 | 0,0 | 0,0 | 1.014,8 | 75,1 | 1.351,4 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.7-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL QUILCHIRI**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 324,5 | 96,4 | 0,0 | 0,0 | 1.001,7 | 100,0 | 1.326,1 | 99,1 |
| **Abovedado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Alcantarilla** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Entubado** | 12,1 | 3,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 12,1 | 0,9 |
| **Tramo Túnel** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **TOTAL** | 336,6 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 1.001,7 | 100,0 | 1.338,3 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.7-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN QUILCHIRI**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Goma** | 0,0 | 0,0 |
| **Hormigón** | 0,0 | 0,0 |
| **Mampostería** | 1.326,1 | 99,1 |
| **Loseta** | 0,0 | 0,0 |
| **HDPE** | 0,0 | 0,0 |
| **PVC** | 0,0 | 0,0 |
| **Acero** | 12,1 | 0,9 |
| **Tambores** | 0,0 | 0,0 |
| **Rocas** | 0,0 | 0,0 |
| **Total** | 1.338,3 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.7-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL QUILCHIRI**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 0 | 0 | 1 | 1 |
| **Bocatoma** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Botadero** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 14 | 0 | 1 | 15 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.5.7-1 se muestra el trazado del canal Quilchiri.

**FIGURA 8.5.7-1**
**TRAZADO CANAL QUILCHIRI**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.5.8. Canal Buen Retiro

Canal matriz de longitud 4,56 km, el estado general del canal es regular (56,4%). Posee una bocatoma en buen estado, presentándose gran parte del canal con algún sistema de impermeabilización (92%). Entre las obras existentes en el trayecto del canal se encuentran: atraviesos, botadero, desarenador y entregas prediales.

En los Cuadros 8.5.8-1 a 8.5.8-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.5.8-4.

**CUADRO 8.5.8-1**
**ESTADO CANAL BUEN RETIRO**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 107,7 | 33,1 | 217,6 | 66,9 | 325,2 | 100,0 |
| **Con Impermeabilización** | 1.805,4 | 42,5 | 81,1 | 1,9 | 2.357,6 | 55,5 | 4.244,1 | 100,0 |
| **Total** | 1.805,4 | 39,5 | 188,8 | 4,1 | 2.575,2 | 56,4 | 4.569,4 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.8-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL BUEN RETIRO**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 1.766,7 | 97,9 | 81,1 | 100,0 | 2.296,1 | 97,4 | 4.144,0 | 97,6 |
| **Abovedado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Alcantarilla** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Entubado** | 38,7 | 2,1 | 0,0 | 0,0 | 56,8 | 2,4 | 95,5 | 2,3 |
| **Tramo Túnel** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 4,7 | 0,2 | 4,7 | 0,1 |
| **TOTAL** | 1.805,4 | 100,0 | 81,1 | 100,0 | 2.357,6 | 100,0 | 4.244,1 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.8-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN BUEN RETIRO**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Goma** | 2.340,3 | 55,1 |
| **Hormigón** | 1.647,6 | 38,8 |
| **Mampostería** | 160,7 | 3,8 |
| **Loseta** | 0,0 | 0,0 |
| **HDPE** | 0,0 | 0,0 |
| **PVC** | 0,0 | 0,0 |
| **Acero** | 95,5 | 2,3 |
| **Tambores** | 0,0 | 0,0 |
| **Rocas** | 0,0 | 0,0 |
| **Total** | 4.244,1 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.8-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL BUEN RETIRO**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 5 | 0 | 0 | 5 |
| **Atravieso Entrada Predio** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Bocatoma** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Botadero** | 2 | 0 | 3 | 5 |
| **Desarenador** | 4 | 0 | 0 | 4 |
| **Entrega Predial** | 24 | 1 | 7 | 32 |
| **Otra Singularidad** | 1 | 0 | 0 | 1 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.5.8-1 se muestra el trazado del canal Buen Retiro.

**FIGURA 8.5.8-1**
**TRAZADO CANAL BUEN RETIRO**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.5.9. Canal La Banda Chiu Chiu

Canal matriz de longitud 7,11 km, el estado general del canal es Bueno (86%). Posee una bocatoma de tierra en mal estado, presentándose gran parte del canal con algún sistema de impermeabilización (89%). Entre las obras existentes en el trayecto del canal se encuentran: atraviesos, botadero, desarenador, marcos partidores, entregas prediales, entre otros.

En los Cuadros 8.5.9-1 a 8.5.9-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.5.9-4.

**CUADRO 8.5.9-1**
**ESTADO CANAL LA BANDA CHIU CHIU**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 742,7 | 96,1 | 30,1 | 3,9 | 772,8 | 100,0 |
| **Con Impermeabilización** | 6.118,1 | 96,5 | 224,8 | 3,5 | 0,0 | 0,0 | 6.342,9 | 100,0 |
| **Total** | 6.118,1 | 86,0 | 967,5 | 13,6 | 30,1 | 0,4 | 7.115,7 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## CUADRO 8.5.9-2
## TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL LA BANDA CHIU CHIU

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 6.106,8 | 99,8 | 224,8 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 6.331,5 | 99,8 |
| **Abovedado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Alcantarilla** | 11,3 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 11,3 | 0,2 |
| **Entubado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Tramo Túnel** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **TOTAL** | 6.118,1 | 100,0 | 224,8 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 6.342,9 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## CUADRO 8.5.9-3
## MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN LA BANDA CHIU CHIU

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Goma** | 0,0 | 0,0 |
| **Hormigón** | 6.039,2 | 95,2 |
| **Mampostería** | 303,7 | 4,8 |
| **Loseta** | 0,0 | 0,0 |
| **HDPE** | 0,0 | 0,0 |
| **PVC** | 0,0 | 0,0 |
| **Acero** | 0,0 | 0,0 |
| **Tambores** | 0,0 | 0,0 |
| **Rocas** | 0,0 | 0,0 |
| **Total** | 6.342,9 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## CUADRO 8.5.9-4
## OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL LA BANDA CHIU CHIU

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 4 | 0 | 1 | 5 |
| **Atravieso Casa** | 2 | 0 | 0 | 2 |
| **Atravieso Entrada Predio** | 2 | 0 | 0 | 2 |
| **Bocatoma** | 0 | 1 | 0 | 1 |
| **Botadero** | 2 | 0 | 0 | 2 |
| **By Pass** | 2 | 0 | 0 | 2 |
| **Desarenador** | 0 | 0 | 1 | 1 |
| **Disipador** | 2 | 0 | 0 | 2 |
| **Entrega Predial** | 55 | 4 | 6 | 65 |
| **Marco Partidor** | 2 | 0 | 0 | 2 |
| **Otra Singularidad** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Sifón** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Tranque** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Válvula** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Vertedero** | 1 | 0 | 0 | 1 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.5.9-1 se muestra el trazado del canal La Banda Chiu Chiu.

**FIGURA 8.5.9-1**
**TRAZADO CANAL LA BANDA CHIU CHIU**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.5.10. Canal Del Pueblo

Canal matriz de longitud 2 km, el estado general del canal es Bueno (97,8%). Posee una bocatoma en buen estado, presentándose la totalidad del canal con algún sistema de impermeabilización. Entre las obras existentes en el trayecto del canal se encuentran: atraviesos, botadero, desarenador, disipador, entregas prediales, entre otros.

En los Cuadros 8.5.10-1 a 8.5.10-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.5.10-4.

**CUADRO 8.5.10-1**
**ESTADO CANAL DEL PUEBLO**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Con Impermeabilización** | 1.964,4 | 97,8 | 0,0 | 0,0 | 44,3 | 2,2 | 2.008,7 | 100,0 |
| **Total** | 1.964,4 | 97,8 | 0,0 | 0,0 | 44,3 | 2,2 | 2.008,7 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.10-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL DEL PUEBLO**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 1.952,3 | 99,4 | 0,0 | 0,0 | 44,3 | 100,0 | 1.996,6 | 99,4 |
| **Abovedado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Alcantarilla** | 12,1 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 12,1 | 0,6 |
| **Entubado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Tramo Túnel** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **TOTAL** | 1.964,4 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 44,3 | 100,0 | 2.008,7 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.10-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN DEL PUEBLO**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Goma** | 0,0 | 0,0 |
| **Hormigón** | 2.008,7 | 100,0 |
| **Mampostería** | 0,0 | 0,0 |
| **Loseta** | 0,0 | 0,0 |
| **HDPE** | 0,0 | 0,0 |
| **PVC** | 0,0 | 0,0 |
| **Acero** | 0,0 | 0,0 |
| **Tambores** | 0,0 | 0,0 |
| **Rocas** | 0,0 | 0,0 |
| **Total** | 2.008,7 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.10-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL DEL PUEBLO**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso** | 2 | 0 | 0 | 2 |
| **Atravieso Camino** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Bocatoma** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Botadero** | 2 | 0 | 0 | 2 |
| **Disipador** | 2 | 0 | 0 | 2 |
| **Entrega Derivado** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 4 | 0 | 0 | 4 |
| **Filtración** | 0 | 0 | 1 | 1 |
| **Otra Singularidad** | 2 | 0 | 2 | 4 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.5.10-1 se muestra el trazado del canal Del Pueblo.

**FIGURA 8.5.10-1**
**TRAZADO CANAL DEL PUEBLO**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.5.11. Canal Pongo

Canal derivado de canal Pongo, con una longitud aproximada de 0,5 km. En todo su trayecto se presenta en buen estado, con la totalidad de su trayecto con revestimiento en hormigón. Entre las obras existentes en el trayecto del canal se encuentran: atraviesos, y entregas prediales.

La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.5.11-1.

**CUADRO 8.5.11-1**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL PONGO**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 3 | 0 | 0 | 3 |
| **Entrega Derivado** | 2 | 0 | 0 | 2 |
| **Entrega Predial** | 6 | 1 | 3 | 10 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.5.11-1 se muestra el trazado del canal Pongo.

**FIGURA 8.5.11-1**
**TRAZADO CANAL PONGO**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.5.12. Canal Santa Fagustina

Este canal toma sus aguas desde el canal Pongo, manteniendo una longitud aproximada de 0,21 km. En todo su trayecto se presenta en buen estado, con gran parte de su trayecto con revestimiento en hormigón (96,6%). Entre las obras existentes en el trayecto del canal se encuentran: atraviesos, y entregas prediales.

En los Cuadros 8.5.12-1 a 8.5.12-2, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo al tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.5.12-3.

**CUADRO 8.5.12-1**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL SANTA FAGUSTINA**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 209,0 | 96,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 209,0 | 96,6 |
| **Abovedado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Alcantarilla** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Entubado** | 7,4 | 3,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 7,4 | 3,4 |
| **Tramo Túnel** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **TOTAL** | 216,4 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 216,4 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.12-2**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN SANTA FAGUSTINA**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Goma** | 0,0 | 0,0 |
| **Hormigón** | 209,0 | 96,6 |
| **Mampostería** | 0,0 | 0,0 |
| **Loseta** | 0,0 | 0,0 |
| **HDPE** | 0,0 | 0,0 |
| **PVC** | 0,0 | 0,0 |
| **Acero** | 7,4 | 3,4 |
| **Tambores** | 0,0 | 0,0 |
| **Rocas** | 0,0 | 0,0 |
| **Total** | 216,4 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.12-3**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL SANTA FAGUSTINA**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Derivado** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 6 | 0 | 0 | 6 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.5.12-1 se muestra el trazado del canal Santa Fagustina.

**FIGURA 8.5.12-1**
**TRAZADO CANAL SANTA FAGUSTINA**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

8.5.13. Canal Panteón

Este canal toma sus aguas desde el canal Del Pueblo, manteniendo una longitud aproximada de 0,75 km. En todo su trayecto se presenta en buen estado, con la totalidad de su trayecto con revestimiento en hormigón. Entre las obras existentes en el trayecto del canal se encuentran: atraviesos, y entregas prediales.

La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.5.13-1.

**CUADRO 8.5.13-1**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL PANTEÓN**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 2 | 0 | 0 | 2 |
| **Entrega Derivado** | 2 | 0 | 0 | 2 |
| **Entrega Predial** | 16 | 0 | 0 | 16 |
| **Otra Singularidad** | 1 | 0 | 0 | 1 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.5.13-1 se muestra el trazado del canal Panteón.

**FIGURA 8.5.13-1**
**TRAZADO CANAL SANTA PANTEÓN**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

8.5.14. Canal San Ramón

Este canal toma sus aguas desde el canal Panteón, manteniendo una longitud aproximada de 0,51 km. En todo su trayecto se presenta en buen estado, con la totalidad de su

trayecto con revestimiento en hormigón. Entre las obras existentes en el trayecto del canal se encuentran: atraviesos, y entregas prediales.

La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.5.14-1.

**CUADRO 8.5.14-1**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL SAN RAMÓN**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Derivado** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 11 | 0 | 4 | 15 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**FIGURA 8.5.14-1**
**TRAZADO CANAL SAN RAMÓN**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

8.5.15. Canal Grande

Canal matriz de longitud 5,66 km, gran parte de su trayecto se presenta en buen estado (95,3%), con un 99,5% de su trayecto con algún sistema de impermeabilización, principalmente revestimiento de hormigón. Entre las obras existentes en el trayecto del canal se encuentran: atraviesos, botadero, marco partidor, entregas prediales y otros.

En los Cuadros 8.5.15-1 a 8.5.15-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.5.15-4.

## CUADRO 8.5.15-1
## ESTADO CANAL GRANDE

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 26,4 | 100,0 | 26,4 | 100,0 |
| **Con Impermeabilización** | 5.402,0 | 95,8 | 0,0 | 0,0 | 238,3 | 4,2 | 5.640,3 | 100,0 |
| **Total** | 5.402,0 | 95,3 | 0,0 | 0,0 | 264,7 | 4,7 | 5.666,7 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## CUADRO 8.5.15-2
## TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL GRANDE

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 5.340,9 | 98,9 | 0,0 | 0,0 | 238,3 | 100,0 | 5.579,2 | 98,9 |
| **Abovedado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Alcantarilla** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Entubado** | 61,1 | 1,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 61,1 | 1,1 |
| **Tramo Túnel** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **TOTAL** | 5.402,0 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 238,3 | 100,0 | 5.640,3 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## CUADRO 8.5.15-3
## MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN GRANDE

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Goma** | 0,0 | 0,0 |
| **Hormigón** | 5.340,9 | 94,7 |
| **Mampostería** | 238,3 | 4,2 |
| **Loseta** | 0,0 | 0,0 |
| **HDPE** | 61,1 | 1,1 |
| **PVC** | 0,0 | 0,0 |
| **Acero** | 0,0 | 0,0 |
| **Tambores** | 0,0 | 0,0 |
| **Rocas** | 0,0 | 0,0 |
| **Total** | 5.640,3 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.15-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL GRANDE**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 0 | 1 | 1 | 2 |
| **Bocatoma** | 0 | 0 | 1 | 1 |
| **Botadero** | 3 | 0 | 0 | 3 |
| **By Pass** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Desarenador** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 3 | 0 | 0 | 3 |
| **Marco Partidor** | 2 | 0 | 0 | 2 |
| **Otra Singularidad** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Tranque** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Válvula** | 1 | 0 | 0 | 1 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.5.15-1 se muestra el trazado del canal Grande.

**FIGURA 8.5.15-1**
**TRAZADO CANAL GRANDE**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

8.5.16. Canal 4

Este canal toma sus aguas desde el Canal Grande, manteniendo una longitud aproximada de 1,35 km. Todo su trayecto se presenta en buen estado, con un 100% de su trayecto con algún sistema de impermeabilización, principalmente revestimiento de hormigón. Entre las obras existentes en el trayecto del canal se encuentran: atraviesos, botadero, marco partidor, entregas prediales y otros.

En los Cuadros 8.5.16-1 a 8.5.16-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material

de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.5.16-4.

**CUADRO 8.5.16-1**
**ESTADO CANAL 4**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Con Impermeabilización** | 1.354,3 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1.354,3 | 100,0 |
| **Total** | 1.354,3 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1.354,3 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.16-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL 4**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 1.337,2 | 98,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1.337,2 | 98,7 |
| **Abovedado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Alcantarilla** | 9,3 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 9,3 | 0,7 |
| **Entubado** | 7,8 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 7,8 | 0,6 |
| **Tramo Túnel** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **TOTAL** | 1.354,3 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1.354,3 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.16-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN CANAL 4**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Goma** | 0,0 | 0,0 |
| **Hormigón** | 1.283,9 | 94,8 |
| **Mampostería** | 62,6 | 4,6 |
| **Loseta** | 0,0 | 0,0 |
| **HDPE** | 0,0 | 0,0 |
| **PVC** | 0,0 | 0,0 |
| **Acero** | 7,8 | 0,6 |
| **Tambores** | 0,0 | 0,0 |
| **Rocas** | 0,0 | 0,0 |
| **Total** | 1.354,3 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.16-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL CANAL 4**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 4 | 0 | 0 | 4 |
| **Atravieso Canal** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Atravieso Entrada Predio** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Derivado** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 24 | 0 | 0 | 24 |
| **Estanque** | 3 | 0 | 0 | 3 |
| **Marco Partidor** | 2 | 0 | 0 | 2 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.5.16-1 se muestra el trazado del canal 4.

**FIGURA 8.5.16-1**
**TRAZADO CANAL 4**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

8.5.17. Canal 6

Este canal toma sus aguas desde el Canal Grande, manteniendo una longitud aproximada de 1,21 km. Todo su trayecto se presenta en buen estado, con un 100% de su trayecto con algún sistema de impermeabilización, principalmente revestimiento de hormigón. Entre las obras existentes en el trayecto del canal se encuentran: atraviesos, botadero, estanque, entregas prediales y otros.

En los Cuadros 8.5.17-1 y 8.5.17-2, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su tipo de impermeabilización y la contabilización de Obras y Singularidades.

**CUADRO 8.5.17-1**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL 6**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 1.206,7 | 99,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1.206,7 | 99,4 |
| **Abovedado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Alcantarilla** | 6,8 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 6,8 | 0,6 |
| **Entubado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Tramo Túnel** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **TOTAL** | 1.213,5 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1.213,5 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.17-2**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL CANAL 6**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 2 | 0 | 0 | 2 |
| **Atravieso Canal** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Atravieso Entrada Predio** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Derivado** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 24 | 0 | 0 | 24 |
| **Estanque** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Otra Singularidad** | 1 | 1 | 0 | 2 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.5.17-1 se muestra el trazado del canal 6.

**FIGURA 8.5.17-1**
**TRAZADO CANAL 6**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

8.5.18. Canal Piar

Este canal toma sus aguas desde el Canal Grande, manteniendo una longitud aproximada de 0,73 km. Gran parte de su trayecto se presenta en buen estado (98,7%), con un 100% de su trayecto con algún sistema de impermeabilización, principalmente revestimiento de hormigón. Entre las obras existentes en el trayecto del canal se encuentran: atraviesos, y entregas prediales.

En los Cuadros 8.5.18-1 a 8.5.18-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.5.18-4.

**CUADRO 8.5.18-1**
**ESTADO CANAL PIAR**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Con Impermeabilización** | 729,3 | 98,7 | 9,8 | 1,3 | 0,0 | 0,0 | 739,1 | 100,0 |
| **Total** | 729,3 | 98,7 | 9,8 | 1,3 | 0,0 | 0,0 | 739,1 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.18-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL PIAR**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 721,0 | 98,9 | 9,8 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 730,8 | 98,9 |
| **Abovedado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Alcantarilla** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Entubado** | 8,3 | 1,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 8,3 | 1,1 |
| **Tramo Túnel** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **TOTAL** | 729,3 | 100,0 | 9,8 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 739,1 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.18-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN PIAR**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Goma** | 0,0 | 0,0 |
| **Hormigón** | 739,1 | 100,0 |
| **Mampostería** | 0,0 | 0,0 |
| **Loseta** | 0,0 | 0,0 |
| **HDPE** | 0,0 | 0,0 |
| **PVC** | 0,0 | 0,0 |
| **Acero** | 0,0 | 0,0 |
| **Tambores** | 0,0 | 0,0 |
| **Rocas** | 0,0 | 0,0 |
| **Total** | 739,1 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.5.18-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL PIAR**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso Camino** | 2 | 0 | 0 | 2 |
| **Entrega Derivado** | 2 | 0 | 0 | 2 |
| **Entrega Predial** | 3 | 0 | 1 | 4 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.5.18-1 se muestra el trazado del canal Piar.

**FIGURA 8.5.18-1**
**TRAZADO CANAL PIAR**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.6. Zona de Riego Paniri

### 8.6.1. Descripción General de la Red de Riego

Zona de riego con una red de canales en buen estado y casi totalmente recubierta de mampostería. Se presentan dos canales, cada uno abastecido desde vertientes diferentes; son de uso permanente y suman una extensión de 1,5 km aproximadamente.

El Estado de conservación de los canales que componen la red, el tipo de impermeabilización de estos, y los materiales de impermeabilización asociados a las distancias calculadas se pueden observar en los Cuadros 8.6.1-1 a 8.6.1-4 respectivamente.

**CUADRO 8.6.1-1**
**TIPO CANALES, SECTOR DE RIEGO PANIRI**

| Tipo Canal | Cantidad | Distancia | |
|---|---|---|---|
| | | (m) | (%) |
| **Matriz** | 2 | 1.495,7 | 100% |
| **Derivado** | 0 | 0,0 | 0% |
| **Subderivado** | 0 | 0,0 | 0% |
| **Sub - Subderivado** | 0 | 0,0 | 0% |
| **Total** | 2 | 1.495,7 | 100% |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.6.1-2**
**ESTADO CANALES, SECTOR DE RIEGO PANIRI**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Con Impermeabilización** | 723,8 | 48,4 | 750,5 | 50,2 | 21,4 | 1,4 | 1.495,7 | 100,0 |
| **Total** | 723,8 | 48,4 | 750,5 | 50,2 | 21,4 | 1,4 | 1.495,7 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.6.1-3**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANALES, SECTOR DE RIEGO PANIRI**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 707,3 | 97,7 | 750,5 | 100,0 | 13,6 | 63,5 | 1.471,4 | 98,4 |
| **Abovedado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Alcantarilla** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Entubado** | 16,5 | 2,3 | 0,0 | 0,0 | 7,8 | 36,5 | 24,3 | 1,6 |
| **Tramo Túnel** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **TOTAL** | 723,8 | 100,0 | 750,5 | 100,0 | 21,4 | 100,0 | 1.495,7 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.6.1-4**
**MATERIAL CANALES CON IMPERMEABILIZACIÓN, SECTOR DE RIEGO PANIRI**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Goma** | 222,4 | 0,4 |
| **Hormigón** | 32.580,4 | 65,1 |
| **Mampostería** | 694,4 | 1,4 |
| **Loseta** | 7.233,0 | 14,5 |
| **HDPE** | 6.776,7 | 13,5 |
| **PVC** | 614,4 | 1,2 |
| **Acero** | 1.924,6 | 3,8 |
| **Tambores** | 0,0 | 0,0 |
| **Rocas** | 0,0 | 0,0 |
| **Total** | 50.045,9 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En adelante se describe cada uno de los canales que compone esta zona de riego.

## 8.6.2. Canal Paniri 1

Canal matriz de 0,46 km de longitud, en buen estado y totalmente revestido (principalmente con mampostería). El canal posee una bocatoma de mampostería en buen estado. La mayoría de las entregas prediales en este canal tienen estructuras de mampostería con alto nivel de deterioro. Del catastro se pudieron identificar obras y singularidades como la existencia de una vertiente, un estanque de hormigón, un atravieso de mampostería y un disipador del mismo material, estas estructuras se encuentran en buenas condiciones.

En los Cuadros 8.6.2-1 a 8.6.2-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.6.2-4.

**CUADRO 8.6.2-1**
**ESTADO CANAL PANIRI 1**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Con Impermeabilización** | 203,4 | 43,4 | 251,9 | 53,7 | 13,6 | 2,9 | 468,9 | 100,0 |
| **Total** | 203,4 | 43,4 | 251,9 | 53,7 | 13,6 | 2,9 | 468,9 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.6.2-2**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL PANIRI 1**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 186,9 | 91,9 | 251,9 | 100,0 | 13,6 | 100,0 | 452,4 | 96,5 |
| **Abovedado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Alcantarilla** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Entubado** | 16,5 | 8,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 16,5 | 3,5 |
| **Tramo Túnel** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **TOTAL** | 203,4 | 100,0 | 251,9 | 100,0 | 13,6 | 100,0 | 468,9 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.6.2-3**
**MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN PANIRI 1**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Goma** | 0,0 | 0,0 |
| **Hormigón** | 0,0 | 0,0 |
| **Mampostería** | 452,4 | 96,5 |
| **Loseta** | 0,0 | 0,0 |
| **HDPE** | 16,5 | 3,5 |
| **PVC** | 0,0 | 0,0 |
| **Acero** | 0,0 | 0,0 |
| **Tambores** | 0,0 | 0,0 |
| **Rocas** | 0,0 | 0,0 |
| **Total** | 468,9 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.6.2-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL PANIRI 1**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Bocatoma** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Disipador** | 2 | 0 | 0 | 2 |
| **Entrega Predial** | 0 | 22 | 0 | 22 |
| **Otro** | 2 | 0 | 0 | 2 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.6.2-1 se muestra el trazado del canal Paniri 1.

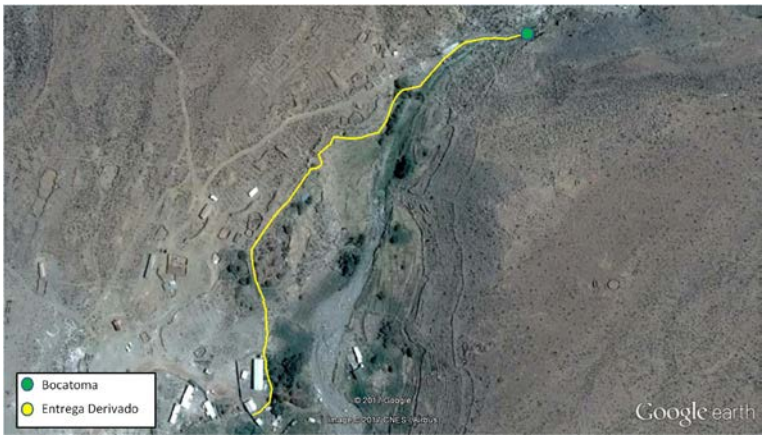



**FIGURA 8.6.2-1**
**TRAZADO CANAL PANIRI 1**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

### 8.6.3. Canal Paniri 2

Canal matriz de 1 km aproximadamente con una bocatoma en buen estado. En su totalidad se encuentra con algún sistema de impermeabilización, principalmente revestido con hormigón. Si bien el canal presenta un buen estado, esto se contrapone al estado de las entregas prediales que tienen un alto deterioro en sus estructuras (de mampostería). Entre las obras y singularidades existentes destacan algunos atraviesos.

En los Cuadros 8.6.3-1 a 8.6.3-2, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su tipo de impermeabilización y la contabilización de Obras y Singularidades.

**CUADRO 8.6.3-1**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL PANIRI 2**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 520,4 | 100,0 | 498,6 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 1.019,0 | 99,2 |
| **Abovedado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Alcantarilla** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Entubado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 7,8 | 100,0 | 7,8 | 0,8 |
| **Tramo Túnel** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **TOTAL** | 520,4 | 100,0 | 498,6 | 100,0 | 7,8 | 100,0 | 1.026,8 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.6.3-2**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL PANIRI 2**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Bocatoma** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 0 | 24 | 0 | 24 |
| **Otro** | 1 | 2 | 0 | 3 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.6.3-1 se muestra el trazado del canal Paniri 2.

**FIGURA 8.6.3-1**
**TRAZADO CANAL PANIRI 2**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.7. Zona de Riego Turi

### 8.7.1. Descripción General de la Red de Riego

La red de canales de esta zona es de 6,2 km aproximadamente, se encuentra en buen estado y revestida principalmente por hormigón. La red de canales está 100% en uso y está compuesta por cinco canales (ver Figura 8.7.1-1).

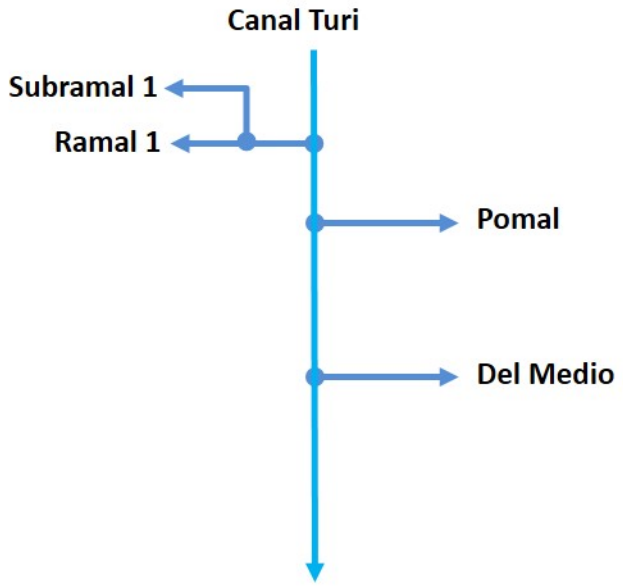



**FIGURA 8.7.1-1**
**UNIFILAR SISTEMA DE CANALES SECTOR DE RIEGO TURI**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

El Estado de conservación de los canales que componen la red, el tipo de impermeabilización de estos, y los materiales de impermeabilización asociados a las distancias calculadas se pueden observar en los Cuadros 8.7.1-1 a 8.7.1-4 respectivamente.

**CUADRO 8.7.1-1**
**TIPO CANALES, SECTOR DE RIEGO TURI**

| Tipo Canal | Cantidad | Distancia | |
|---|---|---|---|
| | | (m) | (%) |
| **Matriz** | 1 | 4.810,2 | 78% |
| **Derivado** | 3 | 1.169,3 | 19% |
| **Subderivado** | 1 | 225,3 | 4% |
| **Sub - Subderivado** | 0 | 0,0 | 0% |
| **Total** | 5 | 6.204,9 | 100% |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.7.1-2**
**ESTADO CANALES, SECTOR DE RIEGO TURI**

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 6,1 | 3,2 | 104,6 | 55,5 | 77,7 | 41,2 | 188,4 | 100,0 |
| **Con Impermeabilización** | 4.767,9 | 79,2 | 31,3 | 0,5 | 1.217,3 | 20,2 | 6.016,5 | 100,0 |
| **Total** | 4.774,0 | 76,9 | 135,9 | 2,2 | 1.295,0 | 20,9 | 6.204,9 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.7.1-3**
**TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANALES, SECTOR DE RIEGO TURI**

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 4.732,1 | 99,3 | 27,2 | 86,8 | 1.210,2 | 99,4 | 5.969,5 | 99,2 |
| **Abovedado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Alcantarilla** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Entubado** | 35,8 | 0,7 | 4,1 | 13,2 | 7,1 | 0,6 | 46,9 | 0,8 |
| **Tramo Túnel** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **TOTAL** | 4.767,9 | 100,0 | 31,3 | 100,0 | 1.217,3 | 100,0 | 6.016,5 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.7.1-4**
**MATERIAL CANALES CON IMPERMEABILIZACIÓN, SECTOR DE RIEGO TURI**

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Goma** | 222,4 | 0,4 |
| **Hormigón** | 32.580,4 | 65,1 |
| **Mampostería** | 694,4 | 1,4 |
| **Loseta** | 7.233,0 | 14,5 |
| **HDPE** | 6.776,7 | 13,5 |
| **PVC** | 614,4 | 1,2 |
| **Acero** | 1.924,6 | 3,8 |
| **Tambores** | 0,0 | 0,0 |
| **Rocas** | 0,0 | 0,0 |
| **Total** | 50.045,9 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En adelante se describe cada uno de los canales que compone esta zona de riego.

## 8.7.2. Canal Turi

Canal matriz de 4,81 km de largo. El canal mantiene una bocatoma de tierra en mal estado. Gran parte del canal se presenta en buen estado (88,8%) y casi totalmente revestido con hormigón (99,2%). En el trayecto del canal se presentan varias obras, las cuales están en buen estado, esto incluye a las entregas prediales que son mayoritariamente estructuras de hormigón.

En los Cuadros 8.7.2-1 a 8.7.2-3, se presenta respectivamente las distancias de tramos de canal de acuerdo a su estado de conservación, tipo de impermeabilización y material de impermeabilización. La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.7.2-4.

## CUADRO 8.7.2-1
## ESTADO CANAL TURI

| ESTADO CANAL | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Sin Impermeabilización** | 6,1 | 3,2 | 104,6 | 55,5 | 77,7 | 41,2 | 188,4 | 100,0 |
| **Con Impermeabilización** | 4.266,6 | 92,3 | 4,1 | 0,1 | 351,1 | 7,6 | 4.621,8 | 100,0 |
| **Total** | 4.272,7 | 88,8 | 108,7 | 2,3 | 428,8 | 8,9 | 4.810,2 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## CUADRO 8.7.2-2
## TIPO IMPERMEABILIZACIÓN CANAL TURI

| Tipo Impermeabilización | Bueno | | Malo | | Regular | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) | (m) | (%) |
| **Revestido** | 4.235,1 | 99,3 | 0,0 | 0,0 | 351,1 | 100,0 | 4.586,2 | 99,2 |
| **Abovedado** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Alcantarilla** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Entubado** | 31,5 | 0,7 | 4,1 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 35,6 | 0,8 |
| **Tramo Túnel** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **TOTAL** | 4.266,6 | 100,0 | 4,1 | 100,0 | 351,1 | 100,0 | 4.621,8 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## CUADRO 8.7.2-3
## MATERIAL CANAL CON IMPERMEABILIZACIÓN TURI

| Material | Superficie En Uso | |
|---|---|---|
| | (m) | (%) |
| **Goma** | 0,0 | 0,0 |
| **Hormigón** | 3.792,8 | 82,1 |
| **Mampostería** | 144,1 | 3,1 |
| **Loseta** | 653,5 | 14,1 |
| **HDPE** | 0,0 | 0,0 |
| **PVC** | 0,0 | 0,0 |
| **Acero** | 31,5 | 0,7 |
| **Tambores** | 0,0 | 0,0 |
| **Rocas** | 0,0 | 0,0 |
| **Total** | 4.621,8 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

**CUADRO 8.7.4-4**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL TURI**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Atravieso** | 0 | 0 | 1 | 1 |
| **Atravieso Camino** | 2 | 1 | 1 | 4 |
| **Bocatoma** | 0 | 2 | 0 | 2 |
| **Cámara** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Desarenador** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 22 | 0 | 2 | 24 |
| **Otra Singularidad** | 1 | 0 | 2 | 3 |
| **Otro** | 1 | 2 | 0 | 3 |
| **Tranque** | 2 | 0 | 0 | 2 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.7.2-1 se muestra el trazado del canal Turi.

**FIGURA 8.7.2-1**
**TRAZADO CANAL TURI**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

8.7.3. Canal Ramal 1

Este canal toma sus aguas desde el Canal Turi, manteniendo una longitud aproximada de 0,7 km. El Canal se presneta en muy buen estado y totalmente revestido con mampostería. Presenta una entrega canal y ocho entregas prediales, estas obras tienen estructuras de mampostería y se encuentran en buen estado.

La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.7.3-1.

**CUADRO 8.7.3-1**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL TURI RAMAL 1**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Entrega Derivado** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 8 | 0 | 0 | 8 |
| **Otra Singularidad** | 1 | 0 | 0 | 1 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.7.3-1 se muestra el trazado del canal.

**FIGURA 8.7.3-1**
**TRAZADO CANAL RAMAL 1**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

8.7.4. Canal Sub Ramal 1

Este canal toma sus aguas desde el Canal Ramal 1, manteniendo una longitud aproximada de 0,25 km. Se encuentra en buenas condiciones y totalmente revestido con mampostería. En el trayecto del canal solo hay siete entregas prediales y una entrega canal, estás obras son todas de mampostería y se encuentran en buen estado.

La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.7.4-1.

En la Figura 8.7.4-1 se muestra el trazado del canal Sub Ramal 1.

**CUADRO 8.7.4-1**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL TURI SUBRAMAL 1**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Entrega Derivado** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 7 | 0 | 0 | 7 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados

**FIGURA 8.7.4-1**
**TRAZADO CANAL SUB RAMAL 1**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

8.7.5. Canal Ramal Pomal

Este canal toma sus aguas desde Turi, manteniendo una longitud aproximada de 0,56 km. Presenta un estado mayoritariamente regular (99%) con la totalidad de su trayecto revestido con hormigón. El canal solo presenta tres obras, una entrega canal y dos entregas prediales.

La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.7.5-1.

**CUADRO 8.7.5-1**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL RAMAL POMAL**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Entrega Derivado** | 1 | 0 | 0 | 1 |
| **Entrega Predial** | 0 | 1 | 1 | 2 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.7.5-1 se muestra el trazado del canal Pomal.

**FIGURA 8.7.5-1**
**TRAZADO CANAL POMAL**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.7.6. Canal Del Medio

Este canal toma sus aguas desde el canal Turi, manteniendo una longitud aproximada de 0,33 km. Presenta un estado mayoritariamente regular (91,8%) con gran parte de su trayecto revestido con hormigón. El canal sólo presenta seis obras, una entrega canal y cinco entregas prediales.

La contabilización de Obras y Singularidades se puede apreciar en Cuadro 8.7.6-1.

**CUADRO 8.7.6-1**
**OBRAS Y SINGULARIDADES CANAL DEL MEDIO**

| Obras y Singularidades | Estado | | | TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| | Bueno | Malo | Regular | |
| **Entrega Derivado** | 0 | 0 | 1 | 1 |
| **Entrega Predial** | 0 | 0 | 5 | 5 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

En la Figura 8.7.6-1 se muestra el trazado del canal.

-1

**FIGURA 8.7.6-1**
**TRAZADO CANAL DEL MEDIO**

Fuente: Elaboración propia, a partir de antecedentes catastrados.

## 8.8. Caracterización de la Infraestructura de Riego Existente

A partir del trabajo de catastro realizado, se preparó por una parte el SIG que se presenta en el Acápite 8.9 y un cuadro resumen (Cuadro 8.8-1) que en que se describe el estado de la red de canales, además de una breve caracterización de la infraestructura. En los Mapas 8.8-1 al 8.8-6, se presentan espacialmente la distribución de canales para cada zona de Riego: Calama, Ayquina, Lasana – Chiu Chiu, Paniri, Turi y Yalquincha respectivamente; en donde es posible visualizar además la ubicación de obras y singularidades que en conjunto forman parte de los antecedentes del SIG presentado en el Acápite 8.9.

En el Anexo 8-1 se encuentra la base de datos y el registro fotográfico del catastro realizado, y en el Anexo 8-2 las fichas generadas para cada canal. En el Anexo 8-3 se presenta el SIG de canales catastrados y los planos de ubicación de obras y singularidades por sector.

**CUADRO 8.8-1**
**BREVE CARACTERIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE RIEGO EXISTENTE**

| Zona de Riego | Canal | Tipo Canal | Origen | Descripción del Estado del Canal | Tramo en Mal Estado (*) | | Número de Obras en Mal Estado (**) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | (m) | (%) | N° | (%) |
| **Calama** | Dupont | Matriz | Río Loa | Canal y obras en mal estado, sin revestir y sin mantención. Compartido entre Minera Lomas Bayas y agricultores. | 810,6 | 66,7 | 8 | 57,1 |
| **Calama** | La Prensa | Matriz | Río Loa | Canal en buen estado, entubado en la mayor parte de su trayecto. Tramo entubado termina en estanque acumulador perteneciente a Minera Lomas Bayas. | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 |

## CUADRO 8.8-1
## BREVE CARACTERIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE RIEGO EXISTENTE

| Zona de Riego | Canal | Tipo Canal | Origen | Descripción del Estado del Canal | Tramo en Mal Estado (*) | | Número de Obras en Mal Estado (**) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | (m) | (%) | N° | (%) |
| **Calama** | Núñez | Matriz | Río Loa | En buen estado, entubado en la mayoría de su extensión. Luego continúa en tubería enterrada hasta llegar a estanque acumulador perteneciente a Minera Lomas Bayas. | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| **Calama** | Topater | Matriz | Río Loa | Canal en buen estado en su mayor parte, en su parte final no presenta revestimiento. Canal pasa por sectores urbanizados, donde se roba agua y se desechan elementos contaminantes. En donde se construyó complejo deportivo de CODELCo no se permite el paso. Presenta algunos problemas debido a su antigüedad. | 50,0 | 1,1 | 0 | 0,0 |
| **Calama** | Cascada | Matriz | Río Loa | Canal sin revestir en su totalidad, no hay construcciones cercanas, canal rural. Entregas prediales y otras obras en mal estado. | 803,6 | 100,0 | 7 | 100,0 |
| **Calama** | El Tronco | Matriz | Río Loa | Canal y obras en buen estado, aunque presenta algunos problemas debido a la antigüedad de la construcción. | 161,5 | 6,0 | 0 | 0,0 |
| **Calama** | Tambores | Derivado | C. Tronco | Canal en general en buen estado, sin problemas. En tramos se encuentra cubierto con losetas de hormigón, las cuales han sido removidas o destruidas. | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| **Calama** | Bilbao | Derivado | C. Tronco | Canal sin mayores problemas, interferencia de condominios construidos sobre su cauce, en su último tramo sin revestir. Entregas prediales necesitan reparación. | 66,6 | 4,3 | 2 | 8,3 |
| **Calama** | Berna | Derivado | C. Tronco | Canal en buen estado, sin problemas. | 224,9 | 18,0 | 2 | 11,1 |
| **Calama** | Chañar | Subderivado | C. Berna | Canal en buen estado, sin problemas. | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| **Calama** | Coco La Villa | Derivado | C. Tronco | Canal extenso, en su mayor parte urbano, presenta sectores cubiertos con losetas de hormigón que han sido removidas o destruidas. En su parte urbana, ha sido intervenido, construyendo condominios y hoteles sobre su trazado. No se ha respetado el derecho de paso, ni dejado los espacios o cámaras para su limpieza. Obras en buen estado | 68,9 | 2,7 | 0 | 0,0 |
| **Calama** | Quinta El Bosque | Subderivado | C. Coco la Villa | Canal en sus tramos abierto presenta problemas, sin revestir, en mal estado, secciones entubadas sin mayores problemas | 374,6 | 72,1 | 0 | 0,0 |
| **Calama** | Radic | Subderivado | C. Coco la Villa | Canal semiurbano, sin revestir en su mayor parte. Entregas prediales rústicas, en mal estado. En algunos sectores, se encuentra intervenido debido a la construcción de condominios sobre su cauce. | 600,3 | 48,0 | 6 | 46,2 |
| **Calama** | Derivado Radic | Sub - Subderivado | C. Radic | Sin revestir en su mayor parte. Entregas prediales en mal estado. En algunos sectores, se encuentra intervenido debido a la construcción de condominios sobre su cauce. | 462,3 | 63,7 | 7 | 43,8 |

## CUADRO 8.8-1
## BREVE CARACTERIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE RIEGO EXISTENTE

| Zona de Riego | Canal | Tipo Canal | Origen | Descripción del Estado del Canal | Tramo en Mal Estado (*) | | Número de Obras en Mal Estado (**) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | (m) | (%) | N° | (%) |
| **Calama** | Cobija | Subderivado | C. Coco la Villa | Canal y obras en general en buen estado. Debido a la antigüedad de la construcción existen algunos problemas puntuales en el trazado. En el sector La Paloma, existe restaurant que arroja residuos líquidos al canal. | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| **Calama** | Cerro Negro | Sub - Subderivado | C. Cobija | En general en buen estado, con sector de losetas, que, debido a su antigüedad, se encuentra muy deteriorado. Entregas prediales necesitan mantención. | 296,1 | 16,6 | 8 | 25,8 |
| **Calama** | Cerro Negro Nor Oriente | Sub - Subderivado | C. Cerro Negro | Está entubado en sus extremos, tramos en los cuales está en buen estado; pero en su tramo intermedio se encuentra sin revestimiento (mal estado) | 49,7 | 15,1 | 0 | 0,0 |
| **Calama** | Cerro Negro Sur Poniente | Sub - Subderivado | C. Cerro Negro | En mal estado, recubierto en gran parte con goma proveniente de desechos de cintas transportadoras. | 403,8 | 72,2 | 8 | 57,1 |
| **Calama** | Aconcagua | Derivado | C. Coco la Villa | Canal en buen estado y entubado en su totalidad. Comparte bocatoma con Coco La Villa Cobija | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| **Calama** | Aconcagua Norte | Sub - Subderivado | C. Aconcagua | En general está en mal estado por falta de mantención, sin revestir en algunos sectores. Entregas prediales también en mal estado | 263,2 | 48,2 | 9 | 56,3 |
| **Calama** | Aconcagua Sur | Sub - Subderivado | C. Aconcagua | En general está en mal estado por falta de mantención, sin revestir en su totalidad. Entregas prediales en mal estado, pero demás obras presentan buenas condiciones. | 1.131,5 | 87,0 | 7 | 53,8 |
| **Calama** | Chunchuri Bajo | Matriz | Rio Loa | Canal compartido entre Minera Lomas Bayas, FCAB y algunos agricultores, en general en buen estado, intervenido en su primera sección por la construcción de edificios y condominios. | 49,1 | 1,0 | 0 | 0,0 |
| **Calama** | Lomas Bayas - FFCC | Derivado | C. CHUNCHURI BAJO | Canal y obras en buen estado | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| **Calama** | Choque | Derivado | C. CHUNCHURI BAJO | Canal en mal estado, con tramos revestidos con losetas en mal estado debido a su antigüedad. Entregas prediales en mal estado | 801,4 | 99,2 | 4 | 80,0 |
| **Calama** | Tejerina | Derivado | C. CHUNCHURI BAJO | Canal en mal estado, sin revestir, con aproximadamente 4 usuarios. | 162,7 | 61,4 | 3 | 75,0 |
| **Calama** | Lay-Lay | Matriz | Rio Loa | Canal y obras en general en buen estado. Debido a la antigüedad de su construcción, presenta problemas puntuales en algunos sectores. | 127,8 | 3,3 | 3 | 11,1 |

## CUADRO 8.8-1
## BREVE CARACTERIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE RIEGO EXISTENTE

| Zona de Riego | Canal | Tipo Canal | Origen | Descripción del Estado del Canal | Tramo en Mal Estado (*) | | Número de Obras en Mal Estado (**) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | (m) | (%) | N° | (%) |
| **Calama** | Chunchuri Alto | Derivado | C. LAY-LAY | Canal y obras en buen estado, pero presenta tramos de loseta deterioradas debido a su antigüedad. En su primera sección se encuentra entubado, debido a que es un tramo netamente urbano. Al cambiar a sección abierta, se presentan algunos problemas por construcciones de edificios al costado del cauce. | 38,9 | 0,8 | 1 | 1,3 |
| **Calama** | Likantatay | Subderivado | C. Chunchuri Alto | Canal y obras en general en buen estado, pero requiere reparación en algunos puntos. | 224,5 | 6,1 | 5 | 9,6 |
| **Calama** | Likantatay Derivado 1 | Sub - Subderivado | C. Likantatay | Canal totalmente revestido y en buen estado. Muy sucio por basura | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| **Calama** | Likantatay Derivado 2 | Sub - Subderivado | C. Likantatay | Canal y obras en buen estado. Requiere reparación en algunos tramos, debido a construcciones cercanas. | 231,6 | 17,7 | 5 | 13,2 |
| **Calama** | Sumac Llajta | Sub - Subderivado | C. Likantatay | El canal no presenta mayores problemas, es relativamente nuevo. En la bocatoma y primera sección presenta problemas asociados a construcciones vecinas. | 12,3 | 2,7 | 0 | 0,0 |
| **Calama** | Lay Lay La Banda Sector 1 | Derivado | C. Chunchuri Alto | Canal derivado del Canal Lay-Lay. En buen estado en general. Presenta en su primera parte un sector con losetas en mal estado debido a antigüedad. En su segundo segmento no presenta revestimiento y en mal estado. Este canal corre paralelo a Lay-Lay (Chunchuri Alto). | 0,0 | 0,0 | 1 | 4,0 |
| **Calama** | Lay Lay La Banda Sector 2 | Derivado | C. Chunchuri Alto | Canal derivado del Canal Lay-Lay. Atiende a segundo sector denominado La Banda (Calama). En general en buen estado, aunque presenta desgaste por antigüedad. Al finalizar su recorrido vuelve a entregar sus aguas a Canal Lay-Lay (Chunchuri Alto). | 3,4 | 0,2 | 1 | 2,9 |
| **Calama** | Lay Lay La Banda 1 | Subderivado | C. Lay Lay La Banda Sector 2 | Canal derivado de Canal La Banda Sector 2. De tierra en su mayor parte, presenta sobredimensionamiento en su sección. Las obras de entrega se encuentran entre regulares a malas debido a su antigüedad. | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| **Calama** | Lay Lay La Banda 2 | Sub - Subderivado | C. Lay Lay La Banda 1 | Canal derivado de Canal La Banda Sector 2. De tierra en su mayor parte, presenta sobredimensionamiento en su sección. Las obras de entrega se encuentran entre regulares a malas debido a su antigüedad. En algunos sectores presenta intervención por la proximidad de construcciones. | 7,8 | 2,4 | 3 | 23,1 |
| **Calama** | Lay Lay La Banda 3 | Subderivado | C. Lay Lay La Banda Sector 2 | Canal derivado de Canal La Banda Sector 2. De tierra en su mayor parte, presenta sobredimensionamiento en su sección. Las obras de entrega se encuentran entre regulares a malas debido a su antigüedad. | 170,7 | 55,5 | 4 | 36,4 |
| **Yalquincha** | Yalquincha Norte | Matriz | Río Loa | Canal totalmente abandonado, sin revestimiento. Entregas prediales en mal estado. | 4.285,3 | 100,0 | 10 | 66,7 |

## CUADRO 8.8-1
## BREVE CARACTERIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE RIEGO EXISTENTE

| Zona de Riego | Canal | Tipo Canal | Origen | Descripción del Estado del Canal | Tramo en Mal Estado (*) | | Número de Obras en Mal Estado (**) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | (m) | (%) | N° | (%) |
| **Yalquincha** | Yalquincha Sur | Matriz | Río Loa | Canal en buen estado, se deben mejorar algunas entregas prediales y algunos tramos del canal | 1.529,5 | 34,2 | 12 | 18,8 |
| **Ayquina** | Ayquina Derecho | Matriz | Vertiente | Canal antiguo, de mampostería en buen estado. Las entregas prediales sin compuertas y en mal estado. | 556,0 | 83,8 | 24 | 85,7 |
| **Ayquina** | Ayquina Izquierdo | Matriz | Vertiente | Canal antiguo, de mampostería en buen estado. Las entregas prediales sin compuertas y en mal estado. | 341,2 | 95,0 | 16 | 88,9 |
| **Lasana** | Los Perales | Matriz | Rio Loa | Canal en su mayor parte de mampostería en buen estado. Entregas prediales en buen estado. Desgaste por antigüedad. | 263,7 | 10,2 | 7 | 21,9 |
| **Lasana** | Los Ramírez | Matriz | Rio Loa | Canal con gran variedad de revestimiento (hormigón, loseta, goma de cinta transportadora). Los tramos en goma de cinta son lo que se presentan en peores condiciones. Entregas prediales en mal estado | 860,5 | 36,9 | 15 | 46,9 |
| **Lasana** | Pona | Matriz | Rio Loa | Canal y obras en buen estado. Presenta algunos problemas puntuales en parte del trazado. Cruza casi toda la localidad de Lasana. | 426,8 | 9,9 | 1 | 1,5 |
| **Lasana** | Ramal Pona | Derivado | Rio Loa | Canal y obras en buen estado, no presenta mayores problemas. Desgaste por antigüedad. | 29,4 | 2,0 | 2 | 5,1 |
| **Lasana** | San Antonio | Matriz | Rio Loa | Canal y obras en mal estado. Actualmente se encuentra en construcción tramo de hormigón, con fondos CONADI | 1.245,2 | 66,6 | 12 | 66,7 |
| **Lasana** | Quilchiri | Matriz | Rio Loa | Canal revestido en su totalidad, presenta desgaste por antigüedad, en general un buen estado. Presenta problemas por abundante vegetación en algunos sectores. | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| **Lasana** | Buen Retiro | Matriz | Rio Loa | Canal con gran variedad de revestimiento (hormigón, loseta, goma de cinta transportadora). Los tramos en goma de cinta son lo que se presentan en peores condiciones. Entregas prediales en mal estado en general. | 188,8 | 4,1 | 1 | 2,0 |
| **Lassana - Chiu Chiu** | La Banda Chiu Chiu | Matriz | Río Loa | Canal revestido casi en su totalidad, presenta problemas en algunos sectores debido a intervención por construcciones y por antigüedad. Obras de entrega en general en buen estado. | 967,5 | 13,6 | 5 | 5,6 |
| **Lassana - Chiu Chiu** | Del Pueblo | Matriz | Río Loa | Canal revestido en su totalidad, presenta problemas en su primera sección debido a desnivel con cauce de río (se inunda con crecidas). Presenta problemas en algunos sectores debido a su antigüedad. | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| **Lassana - Chiu Chiu** | Pongo | Derivado | C. DEL PUEBLO | Canal derivado de Canal del Pueblo. Revestido casi en su totalidad, presenta problemas debido a antigüedad y desnivel en ciertos sectores. En su parte final no presenta revestimiento. | 0,0 | 0,0 | 1 | 6,7 |

## CUADRO 8.8-1
## BREVE CARACTERIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE RIEGO EXISTENTE

| Zona de Riego | Canal | Tipo Canal | Origen | Descripción del Estado del Canal | Tramo en Mal Estado (*) | | Número de Obras en Mal Estado (**) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | (m) | (%) | N° | (%) |
| **Lassana - Chiu Chiu** | Santa Fagustina | Subderivado | C. Pongo | Canal Viejo, en todo su trayecto se presenta en buen estado. Algunos sectores existe abundante vegetación colindante. | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| **Lassana - Chiu Chiu** | Panteón | Derivado | C. DEL PUEBLO | Revestido casi en su totalidad, presenta problemas debido a antigüedad y desnivel en ciertos sectores. En su parte final no presenta revestimiento. | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| **Lassana - Chiu Chiu** | San Ramón | Subderivado | C. Panteón | Canal Viejo, en todo su trayecto se presenta en buen estado. Algunos sectores existe abundante vegetación colindante. | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| **Lassana - Chiu Chiu** | Grande | Matriz | Río Loa | Canal Antiguo, Gran parte de su trayecto en buen estado. Presenta sectores puntuales con derrumbe aledaños a camino. | 0,0 | 0,0 | 1 | 5,6 |
| **Lassana - Chiu Chiu** | Canal 4 | Derivado | C. GRANDE | Canal en Buen estado con evidencia de desgaste por antigüedad. | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| **Lassana - Chiu Chiu** | Canal 6 | Derivado | C. GRANDE | Canal en Buen estado con evidencia de desgaste por antigüedad. | 0,0 | 0,0 | 1 | 3,1 |
| **Lassana - Chiu Chiu** | Piar | Derivado | C. GRANDE | Canal de mayoritariamente en buen estado con algunos sectores con fracturas. | 9,8 | 1,3 | 0 | 0,0 |
| **Paniri** | Paniri 1 | Matriz | Vertiente | Canal antiguo, de mampostería en piedra de altura irregular, en general en buen estado. | 251,9 | 53,7 | 22 | 78,6 |
| **Paniri** | Paniri 2 | Matriz | Vertiente | Canal antiguo, de mampostería en piedra de altura irregular, en general en buen estado. | 498,6 | 48,6 | 26 | 89,7 |
| **Turi** | Turi | Matriz | Vertiente | Canal con tramo revestido en buen estado. Tramo inicial de tierra en mal estado. Entregas prediales en buen estado. | 108,7 | 2,3 | 5 | 12,2 |
| **Turi** | Turi Ramal 1 | Derivado | C. TURI | Canal de mampostería en piedra, de sección irregular, en general en buen estado. Obras en buen estado | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| **Turi** | Turi Subramal 1 | Subderivado | C. Turi Ramal 1 | Canal de mampostería en piedra, de sección irregular, en general en buen estado. Obras en buen estado | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| **Turi** | Ramal Pomal | Derivado | C. TURI | Canal de mampostería en piedra, de sección irregular, en general en estado regular. Obras en buen estado. | 0,0 | 0,0 | 1 | 33,3 |
| **Turi** | Del Medio | Derivado | C. TURI | Canal de mampostería en piedra, de sección irregular, en general en buen estado. Entregas prediales necesitan reparación | 27,2 | 8,2 | 0 | 0,0 |

(*) Distancia de canal (porcentaje respecto al total del canal) que requiere revestimiento y/o reparación. Considera sólo tramos en mal estado.

(**) Bocatomas, entregas canal, entregas prediales, cámaras, atraviesos y otras obras que se encuentran en mal estado (el porcentaje es respecto al total de obras en el canal).

Fuente: Elaboración propia, a partir de resultados de Catastro.

502000 504000 506000 508000 510000 512000

7518000 7516000 7514000 7512000

N

Río Loa Grande

MARIANO DAVILA 2

EL TESORO

CERRO NEGRO

CHIRIA

ASENTAMIENTOS

AGUA VERDE

ASENTAMIENTOS 2

CHUNCHURIA ALTO

CHUNCHURIA 2

CHUNCHURIA 3

CRUCE

LA PRENSA

LA PRENSA 2

LOMAS BLANCAS - RIEGO

LOMAS BLANCAS

RAMAL

CASCADA

COCOTA VIEJA

COCOTA VIEJA 2

BERNALES ALTO

CANAL

CANAL 2

CANAL 3

LA LAYA

LA LAYA LA PAMPA

LA LAYA LA PAMPA SECTOR 2

LA LAYA LA PAMPA 2

LA LAYA LA PAMPA 3

LA LAYA LA PAMPA 4

LA LAYA LA PAMPA 5

LA LAYA LA PAMPA 6

LA LAYA LA PAMPA 7

LA LAYA LA PAMPA 8

LA LAYA LA PAMPA 9

LA LAYA LA PAMPA

570000
7536000
N
AYQUINA DERECHO
AYQUINA IZQUIERDO
Río Salado
Simbología
poblados
Red Hidrográfica
Caminos
Canales
Bueno
Malo
Regular
Obra y Singularidades
Bocatoma
Entrega Derivado
Entrega Predial
COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
Estudio
ESTUDIO BÁSICO
DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS
PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA
CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO
Título
Catastro de Infraestructura de canales
Sector Ayquina
ARRAU
Ingeniería SpA
Arrau Ingeniería SpA
Escala: 1:800
Sistema de Referencia :
SIRGAS
UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR; ZONA 19
Fuente Cartográfica:
Catastro de Canales
Fecha:
Diciembre 2017
Lámina:
8.8-2
60
30
0
60
Metros

N

535000

540000

7540000

7535000

7530000

SAN ANTONIO

BIVENKE MIO

QUILCHIRI

NOS RAMIREZ

PONA

LOS PERALES

LA BANDA CHIU CHIU

GRANDE

RAMAL PONA

DEL PUEBLO

CANAL 4

CANAL 6

chiuchiu

Pilar

San Ramón

Parral

Rio Salado

## Simbología

- poblados
- Red Hidrográfica
- Caminos

### Canales

- Bueno
- Malo
- Regular

### Obra y Singularidades

- Bocatoma
- Entrega Derivado
- Entrega Predial

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

Arrau Ingeniería SpA

Estudio

ESTUDIO BÁSICO
DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS
PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA
CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO

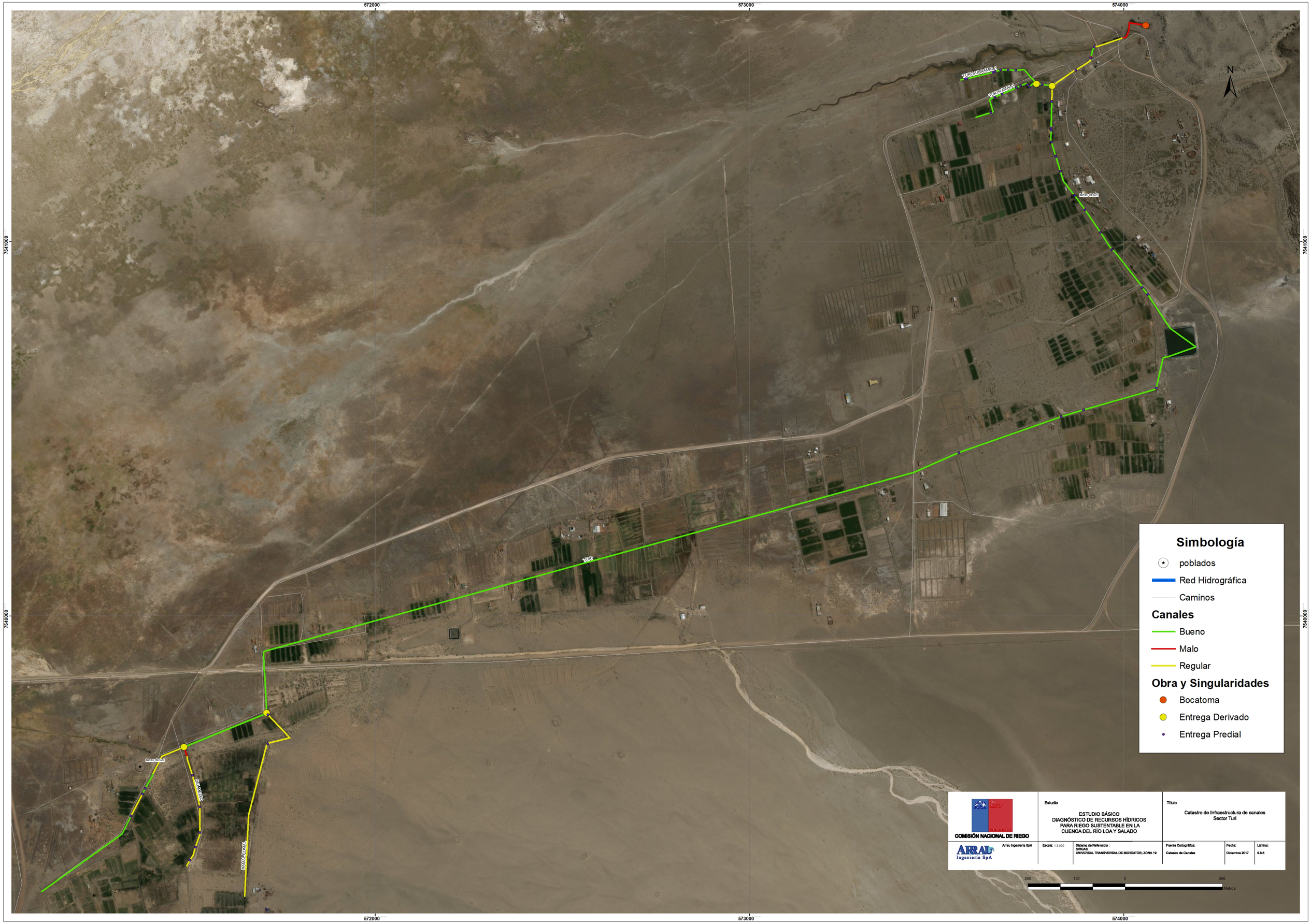
Título

Catastro de Infraestructura de canales
Sector Lasana

| Escala: | Sistema de Referencia : | Fuente Cartográfica: | Fecha: | Lámina: |
|---|---|---|---|---|
| 1:12.500 | SIRGAS<br>UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR; ZONA 19 | Catastro de Canales | Diciembre 2017 | 8.8-3 |

1.000 500 0 1.000 Metros

575000
575500
7551000
7550500
7550000
N
PANIRI4
PANIRI3
PANIRI2
panini
Quebrada Panir
## Simbología
poblados
Red Hidrográfica
Caminos
### Canales
Bueno
Malo
Regular
### Obra y Singularidades
Bocatoma
Entrega Derivado
Entrega Predial
COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
Arrau Ingeniería SpA
Estudio
ESTUDIO BÁSICO
DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS
PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA
CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO
Título
Catastro de Infraestructura de canales
Sector Paniri
Escala: 1:1.250
Sistema de Referencia :
SIRGAS
UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR; ZONA 19
Fuente Cartográfica:
Catastro de Canales
Fecha:
Diciembre 2017
Lámina:
8.8-4
100 50 0 100
Metros


572000
573000
574000
7541000
7540000
N
TURI SUBRAMAL 1
TURI RAMAL 1
TURI
RAMAL PIDAL
Simbología
poblados
Red Hidrográfica
Caminos
Canales
Bueno
Malo
Regular
Obra y Singularidades
Bocatoma
Entrega Derivado
Entrega Predial
COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
Estudio
ESTUDIO BÁSICO
DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS
PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA
CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO
Título
Catastro de Infraestructura de canales
Sector Turi
ARRAU
Ingeniería SpA
Arrau Ingeniería SpA
Escala: 1:3.000
Sistema de Referencia :
SIRGAS
UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR; ZONA 19
Fuente Cartográfica:
Catastro de Canales
Fecha:
Diciembre 2017
Lámina:
8.8-5
260
130
0
260
Metros

512000

514000

516000

7518000

7516000

N

VALQUINCHA NORTE

VALQUINCHA SUR

## Simbología

- poblados
- Red Hidrográfica
- Caminos

### Canales

- Bueno
- Malo
- Regular

### Obra y Singularidades

- Bocatoma
- Entrega Derivado
- Entrega Predial

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

ARRAU Ingeniería SpA

Arrau Ingeniería SpA

Estudio

ESTUDIO BÁSICO
DIAGNÓSTICO DE RECURSOS HÍDRICOS
PARA RIEGO SUSTENTABLE EN LA
CUENCA DEL RÍO LOA Y SALADO

Título

Catastro de Infraestructura de canales
Sector Yalquincha

Escala: 1:5.000

Sistema de Referencia :
SIRGAS
UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR; ZONA 19

Fuente Cartográfica:
Catastro de Canales

Fecha:
Diciembre 2017

Lámina:
8.8-6

430 215 0 430

Metros

## 8.9. Uso de Herramienta SIG en el Catastro de Infraestructura

### 8.9.1. Generalidades

Se generó un compendio de información espacial en un Sistema de Información Geográfica (SIG) con toda la información de la infraestructura, recabada en terreno.

Dicho SIG incluyó información de diversa índole, toda la cual fue producto de un proceso de sistematización además de complementarla con bases de datos ya existentes con que cuenta este Consultor, provenientes de fuentes de información formales tales como DGA, MOP, MIDEPLAN, CNR, SEIA, entre otros.

El SIG fue creado en el software ArcGis 10, de modo de poder facilitar su utilización por otros usuarios. Este sofware permite el despliegue de información gráfica y antecedentes contenidos en la base de datos. El proyecto SIG será entregado en formato ".mxd" de ArcGis, en sistema de referencia WGS 84 o SIRGAS, coordenadas geográficas y formato de ***Geodatabase***.

El SIG constituye un conjunto de procedimientos diseñados para procesar la captura, recolección, administración, manipulación, transformación, análisis, modelamiento y presentación de información que tiene referencia en el espacio. Los SIG permiten representar y localizar espacialmente estadísticas e indicadores, estudiar su evolución, así como localizar zonas vulnerables o sujetas a riesgos dados por fenómenos naturales o de carácter antrópico, realizar evaluaciones de los sistemas ambientales (suelos, agua, biodiversidad), analizar la distribución de la pobreza, infraestructura y, por la capacidad sintetizadora de la información, contribuir a generar una visión integrada que permita comprender y estudiar la sostenibilidad del desarrollo en el territorio. Por ejemplo, en este estudio, se podría comparar las zonas donde la infraestructura es deficiente o se encuentra dañada con las zonas de riego asociadas a esos lugares, determinar qué usuarios se ven afectados y saber cuáles son sus necesidades, entre otros temas de interés.

De lo anterior se desprende la poderosa herramienta que pueden significar los SIG para el estudio, ya que además de interrelacionar información de diversa índole tienen la ventaja de integrar el análisis de grandes cantidades de datos, superponer y diseñar indicadores que admitan distintas escalas o niveles de agregación, facilitando el conocimiento de "dónde" tienen lugar estos datos. En la Figura 8.9.1-1 se grafica cómo es el manejo o superposición de información espacial en estos sistemas.

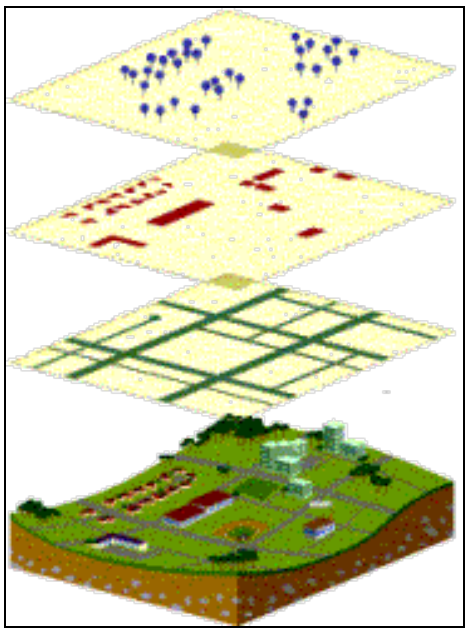


**FIGURA 8.9.1-1**
**REPRESENTACIÓN MANEJO DE DATOS EN UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)**

Fuente: CEPAL (2014)1

8.9.2. Estructura General de la *Geodatabase*

Una ***Geodatabase*** permite contener una colección de ***datasets*** (Set de datos) de diversos tipos que se utiliza en ArcGIS y se administra en una carpeta de archivos o una base de datos relacional. Es la fuente de datos nativa para ArcGIS y se utiliza para la edición y automatización de datos en ArcGIS, de acuerdo al *ArcGIS Resources Center*.

La *Geodatabase* resultante de este estudio estará compuesto en términos generales por dos *Dataset*, uno referido a la información base o de referencia y otro *Dataset* referido a la información recopilada y/o generada a partir de este estudio.

La sistematización considera la construcción de coberturas SIG y base de datos cuyas tablas estarán debidamente relacionadas y sus campos identificados en forma clara.

[1] Comisión Económica para América Latina y el Caribe. 2014. Evaluación de la Sostenibilidad en América Latina y el Caribe. Disponible en http://www.cepal.org

8.9.3. Estructura Base y Temática

8.9.3.1. Estructura Base

Este consultor contó con la información base disponible presentada en el Cuadro 8.9.3.1-1.

**CUADRO 8.9.3.1-1**
**ANTECEDENTES CARTOGRÁFICOS Y ESPACIALES**

| TEMÁTICA | COBERTURA | INSTITUCIÓN Y/O FUENTE |
|---|---|---|
| **Mapa político** | División Político Administrativa (1:50.000) | e-SIIR CNR |
| **Mapas base** | Red de Cauces Naturales (1:50.000) | SIG DGA |
| | Red Regional de Caminos (1:50.000) | e-SIIR CNR |
| | Toponimios (localidades, centros poblados, orografía) (1:50.000) | e-SIIR CNR |
| | Curvas de Nivel IGM (1:50.000) | e-SIIR CNR |
| **Hidrología** | Cuencas y subcuencas | DGA |
| | Acuíferos | DGA |
| | Red Estaciones fluviométricas | Elaboración propia a partir de DGA |
| | Red Estaciones meteorológicas | Elaboración propia a partir de DGA |
| | Red Estaciones Meteorológicas Dirección Meteorológica de Chile (DMC) | Elaboración propia a partir de DMC |
| | Mapa de Cuencas Hidrográficas (1:50.000) | E-SIIR/DGA |
| **Vegetación y Biodiversidad** | Sitios prioritarios biodiversidad CONAMA (1:250.000) | SINIA-CONAMA |
| | SNASPE CONAF (1:250.000) | SINIA-CONAMA |
| | Uso del suelo CONAF-CONAMA (1:250.000) | e-SIIR /CONAMA |
| | Formaciones Vegetacionales (1:1.000.000) | Rodolfo Gajardo (1994) |
| | Pisos Vegetacionales (1:1.000.000) | Pliscoff y Lubert (2006) / SINIA-CONAMA |
| | Mapa Vegas, bofedales y acuíferos protegidos DGA. | DGA |
| **Riego y Agroeconomía** | Distritos Agroclimáticos (1:1.000.000) | e-SIIR CNR |
| | Red de Canales (1:50.000) | e-SIIR CNR |
| | Red de Bocatomas (1:50.000) | e-SIIR CNR |
| | Catastro Singularidades Canales DGA | e-SIIR CNR |
| **Información topográfica Satelital** | Modelo Digital de Elevación - SRTM (90 m) | Servidor USGS |
| | Modelo Digital de Elevación Aster GDEM (30 m) | Servidor ERSDAC |
| | Imagen Satelital de Alta Resolución Geoeye, disponible a través del servidor de ArcGis on line. | Bing Maps |

Fuente: Elaboración propia.

De la información cartográfica disponible fue de interés el apoyo de Mapa Político, mapas bases del e-SIIR CNR, así como imagen satelital de apoyo disponible a través del servidor de ArcGis on line.

Particularmente se tomó como referencia inicial la base cartográfica actualizada a la fecha de la red de canales generadas en el estudio “Diagnostico Situación Legal de Derechos de Agua Cuenca del Loa” de Yanasa Masi (2014). A partir de estos antecedentes se pudo actualizar la información entregada para los canales catastrados (46 canales), lo cual se tradujo en mayores precisiones en los trazados espaciales de los canales en cuestión, confirmando ubicación de puntos de inicios y términos, agregando cuando fuese necesario mayores puntos de referencia para afinar los trazados de los mismos. De igual forma se complementa la información existente con antecedentes descriptivos para el estado de tramos de canales, así como también respecto al estado de las obras y singularidades reconocidas en terreno, todo lo cual se plasma como contenido en la base de datos del presente Sistema de Información Geográfica.

#### 8.9.3.2. Estructura Temática

Con el reconocimiento realizado en terreno, se realizaron fichas de información que describen en detalle cada tramo y singularidad de los canales catastrados. Esta información fue organizada en planillas que gracias a su estructura facilitan su traspaso al formato que utiliza ARC GIS. En el Cuadros 8.9.3.2-1 se muestra la forma en que fue sistematizada la información tanto para describir los tramos de los canales como para describir las singularidades que éstos presentan.

## CUADRO 8.9.3.2-1
## FORMATO 2 TABLA DE ATRIBUTOS PARA SIG, EJEMPLO CANAL SUMAC LLATJA

| ID_FCH | COD/TRAMO | Tipo Canal | Material | Alto (m) | Ancho (m) | Base (m) | Diám (m) | Conservación Canal | Uso | Obra/Singularidad | Material | Alto (m) | Ancho (m) | Largo (m) | Diam. (m) | Conservación Obra | Fot_1 | Fot_2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Sumac Llajta_1 | Revestido | Loseta | 0,6 | 0,65 | 0,4 | - | Bueno | En Uso | Entrega Derivado | Hormigón | 2,6 | 1 | 1,7 | - | Bueno | 3226 | 3227 |
| 10 | Sumac Llajta_10 | Revestido | Loseta | 0,6 | 0,65 | 0,4 | - | Bueno | En Uso | Tramo Canal | Loseta | - | - | - | - | Bueno | 3253 | 3254 |
| 11 | Sumac Llajta_11 | Revestido | Loseta | 0,6 | 0,65 | 0,4 | - | Bueno | En Uso | Atravieso Camino | Hormigón | - | 1 | 2,3 | - | Bueno | 3256 | 3257 |
| 12 | Sumac Llajta_12 | Revestido | Loseta | 0,6 | 0,65 | 0,4 | - | Bueno | En Uso | Atravieso Camino | Madera | - | 1,5 | 3 | - | Bueno | 3259 | 3260 |
| 13 | Sumac Llajta_13 | Revestido | Loseta | 0,6 | 0,65 | 0,4 | - | Bueno | En Uso | Entrega Predial | Hormigón | - | - | - | - | Bueno | 3262 | 3263 |
| 14 | Sumac Llajta_14 | Revestido | Hormigón | 0,6 | 0,65 | 0,4 | - | Bueno | En Uso | Atravieso Camino | Hormigón | - | - | 7,2 | - | Bueno | 3265 | 3266 |
| 15 | Sumac Llajta_15 | Revestido | Loseta | 0,6 | 0,65 | 0,4 | - | Bueno | En Uso | Entrega Predial | Hormigón | - | - | - | - | Bueno | 3268 | 3269 |
| 16 | Sumac Llajta_16 | Revestido | Loseta | 0,6 | 0,65 | 0,4 | - | Bueno | En Uso | Entrega Predial | Hormigón | - | - | - | - | Bueno | 3271 | 3272 |
| 17 | Sumac Llajta_17 | Revestido | Loseta | 0,6 | 0,65 | 0,4 | - | Bueno | En Uso | Entrega Predial | Hormigón | - | - | - | - | Bueno | 3274 | 3275 |
| 2 | Sumac Llajta_2 | Revestido | Loseta | 0,6 | 0,65 | 0,4 | - | Bueno | En Uso | Tramo Canal | Loseta | - | - | - | - | Bueno | 3229 | 3230 |
| 3 | Sumac Llajta_3 | No Revestido | Tierra | 0,6 | 0,7 | 0,4 | - | Malo | En Uso | Tramo Canal | Tierra | - | - | - | - | Malo | 3232 | 3233 |
| 4 | Sumac Llajta_4 | Revestido | Loseta | 0,6 | 0,65 | 0,4 | - | Bueno | En Uso | Tramo Canal | Loseta | - | - | - | - | Bueno | 3235 | 3236 |
| 5 | Sumac Llajta_5 | Revestido | Loseta | 0,6 | 0,65 | 0,4 | - | Bueno | En Uso | Entrega Predial | Hormigón | - | - | - | - | Bueno | 3238 | 3239 |
| 6 | Sumac Llajta_6 | Entubado | HDPE | - | - | - | 0,6 | Bueno | En Uso | Atravieso Camino | HDPE | - | - | 6 | - | Bueno | 3241 | 3242 |
| 7 | Sumac Llajta_7 | No Revestido | Tierra | 0,6 | 0,7 | 0,4 | - | Malo | En Uso | Tramo Canal | Tierra | - | - | - | - | Malo | 3244 | 3245 |
| 8 | Sumac Llajta_8 | Revestido | Loseta | 0,6 | 0,65 | 0,4 | - | Bueno | En Uso | Tramo Canal | Loseta | - | - | - | - | Bueno | 3247 | 3248 |
| 9 | Sumac Llajta_9 | Revestido | Loseta | 0,6 | 0,65 | 0,4 | - | Bueno | En Uso | Atravieso Peatonal | Loseta | 0,4 | 0,75 | 2,1 | - | Bueno | 3250 | 3251 |

Fuente: Elaboración propia.

### 8.9.4. Manejo y Administración de Información SIG

Mediante la elaboración de un Sistema de Información Geográfica (SIG) se facilitan las labores de recolección, análisis, gestión y representación de datos geoespaciales. La representación de la información recopilada se expone en una serie de capas temáticas, con las cuales es posible realizar el procesamiento y análisis de datos, obteniendo los resultados requeridos según el objetivo que se desee.

De esta forma, el SIG funciona como una representación geoespacial de información geográfica que tiene asociada una base de datos alfanumérica y que se caracteriza por entregar un identificador único a cada uno de los elementos representados gráficamente. Una de las particularidades del SIG es que permite realizar consultas automáticas para conocer los atributos de un tema, así como también seleccionarlos directamente desde la base de datos asociada al tema en cuestión.

El acceso a los proyectos creados con extensión ”*.mxd”, en donde es posible visualizar las capas de información y donde se realizan los procesos de la misma, tendrá efecto haciendo doble clic sobre el ícono del programa (ArcMap), o dirigiéndose directamente al nombre con el cual se guardó el proyecto.

Cabe señalar que el ambiente de trabajo del software, utilizando el módulo ArcMap, permite representar gráficamente los datos espaciales, los cuales se organizan en una tabla de contenidos, donde cada elemento desplegado corresponde a una capa de información, también llamada *layer* o *shape* (denominación de los archivos nativos de ArcGIS) (ver Figura 8.9.4-1).

El acceso a la información contenida en la Tabla de Atributos, vinculada a las capas o temas en análisis, es posible visualizar utilizando el botón secundario sobre los layers o capas cargadas en la tabla de contenidos. Este vínculo de información gráfica georreferenciada e información alfanumérica (tabla de atributos) es una de las características más relevantes y de mayor utilidad de los SIG. (Ver Figura 8.9.4-2). Es importante señalar que los campos fueron creados según la necesidad de la variable que pretendan describir, esto es texto o numéricas.

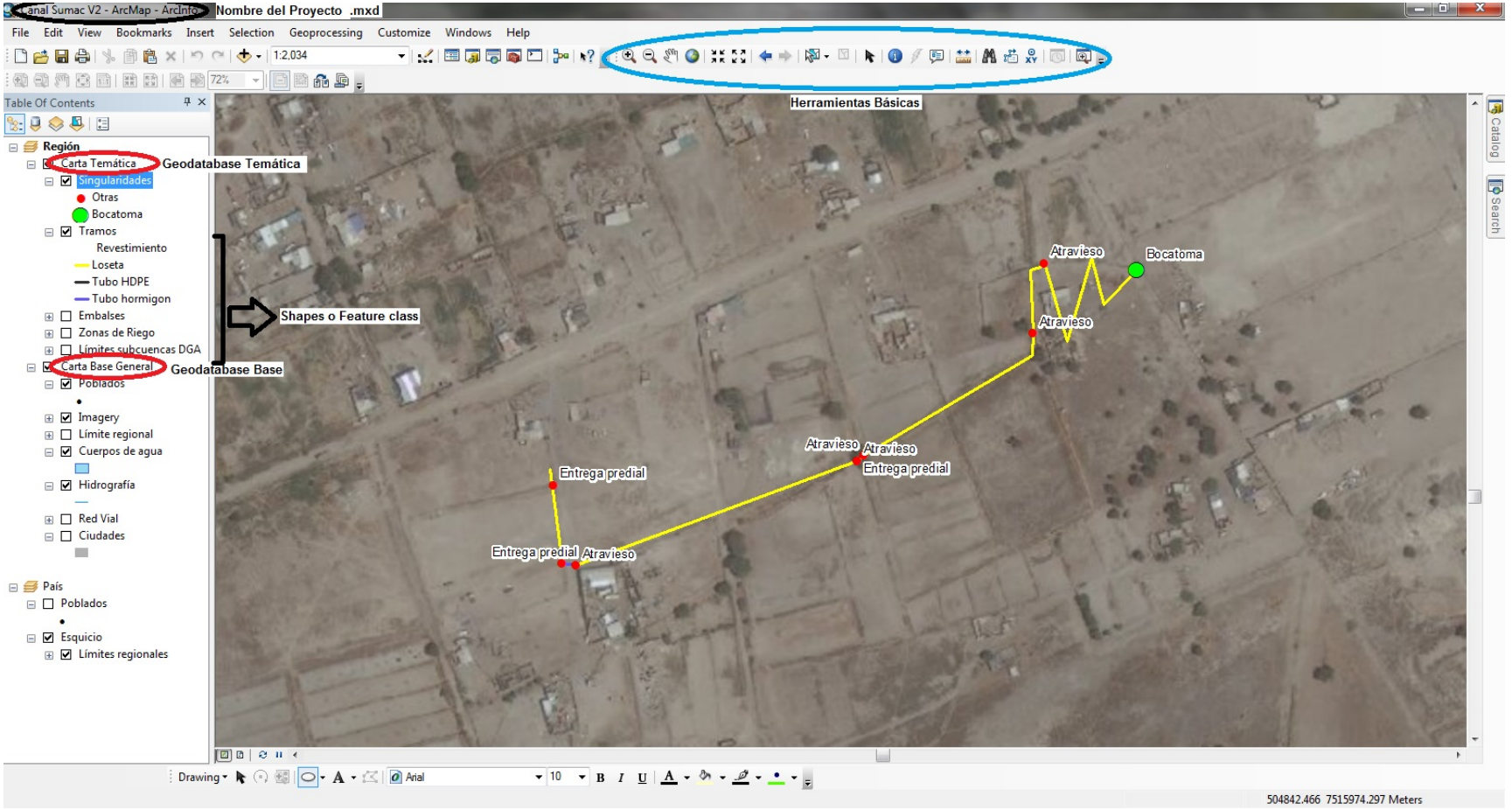



**FIGURA 8.9.4-1**
**VENTANA PRINCIPAL DEL MÓDULO ARCMAP**

Fuente: Elaboración propia.

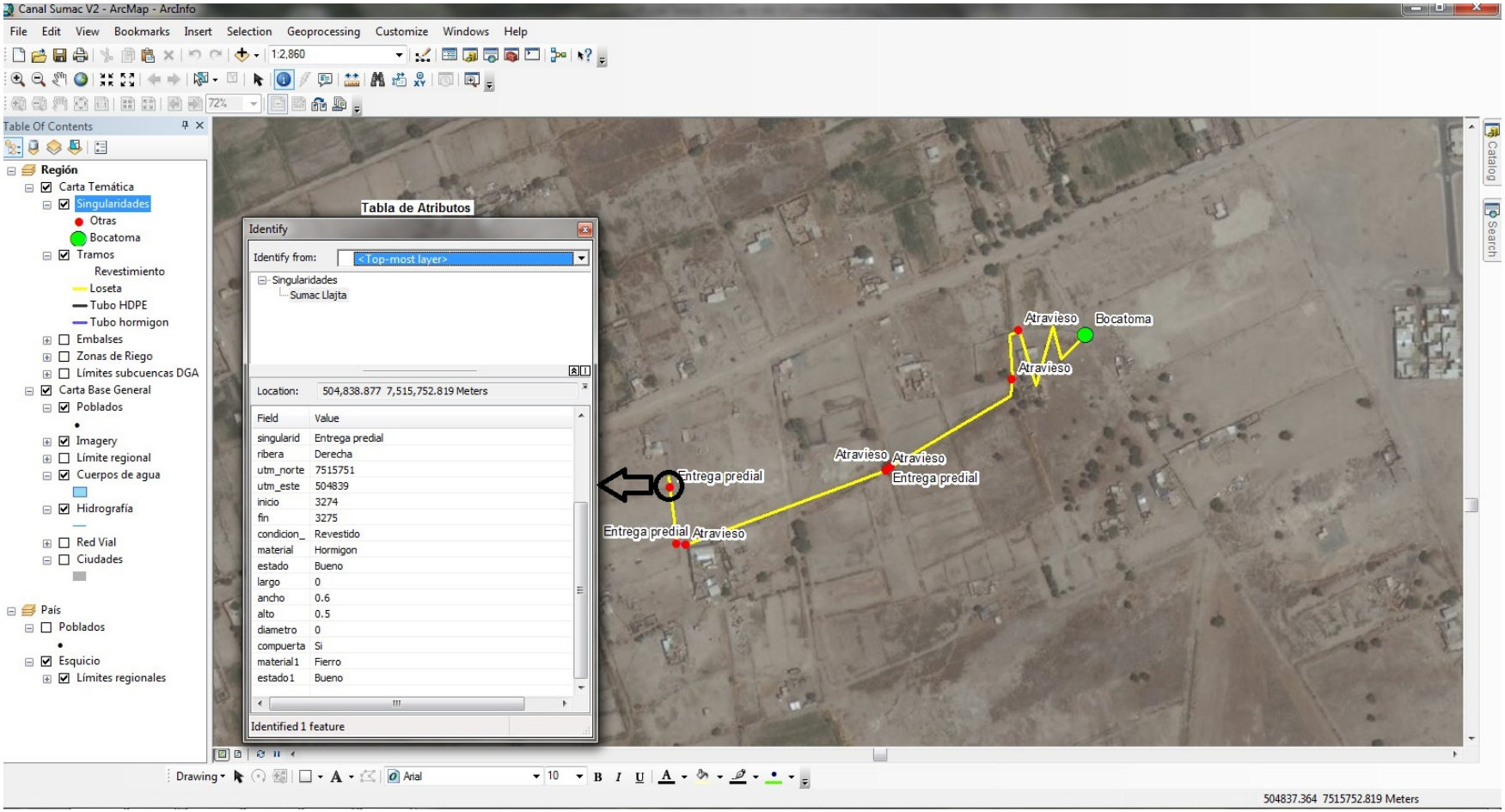



**FIGURA 8.9.4-2**
**VISTA DE LA TABLA DE ATRIBUTOS**

Fuente: Elaboración propia.

8.9.5. Elaboración de Mapas Temáticos

Para facilitar la elaboración de cartografía a partir del SIG creado se considerará:

a) Nombre del archivo: Cada mapa temático se denominará según el acápite en el que se encuentre y se encontrará relacionado con la variable o temática en cuestión, al igual que el proyecto ArcGis que le dio origen (.mxd).

b) Presentación de la cartografía: Se considerará el uso de simbología que permita entender de forma autónoma lo que se desea mostrar. Además, se incluirá viñetas, créditos, logos, leyendas, cuadrículas, esquicios, escalas, norte, adecuados.

Se consideró que las figuras cuenten con la información suficiente, de manera que sean autoexplicativas, asimismo, se tuvo cuidado en no saturar los mapas de información que no se quiera relevar, consiguiendo así mostrar claramente lo que se desea dar a conocer.

En los Mapas presentados anteriormente en el Acápite 8.8 se aprecia un resultado visual de los antecedentes contenidos en el Sistema de Información Geográfica, en los cuales se puede visualizar la red de canales en cada zona de riego, junto a las principales obras y singularidades catastradas. Por su parte la base de datos del SIG contiene antecedentes descriptivos de mayor detalle que complementan la información visualizadas en dichos mapas.

En Anexo 8-3 se presenta el Sistema de Información Geográfico desarrollado.

.

# CAPÍTULO 9

# DIAGNÓSTICO PRELIMINAR AGROPRECUARIO

# 9. DIAGNÓSTICO PRELIMINAR AGROPRECUARIO

## 9.1. Introducción

El Diagnóstico Prelimirar Agropecuario se desarrolla en base a los resultados del diagnóstico y caracterización de suelos, al resultado del diagnóstico de calidad de aguas, al diagnóstico y caracterización agroproductiva, información primaria recabada en entrevistas a dirigentes e instituciones en terreno y finalmente, en base los antecedentes secundarios recopilados. El diagnóstico está basado en el análisis de las principales características de la agricultura existente en el área de estudio, fundamentalmente en las principales limitantes que afectan el desarrollo agrícola actual, por cada una de las zonas de características homogéneas definidas en el Capítulo 5.

## 9.2. Diagnóstico por Zonas Homogéneas

### 9.2.1. Aspectos Generales

Se ha definido como Zonas Homogéneas, aquellas existentes dentro del área de estudio, cuyas características comunes, fundamentalmente en lo referente a factores limitantes para el desarrollo agrícola, las hacen sujeto de abordar el análisis de su problemática como una unidad particular, sobre la cual evaluar la implementación de medidas y posibles soluciones.

De esta forma se definieron, fundamentalmente en base a la problemática de los suelos, a la calidad del agua de riego y por efecto de las anteriores, al tipo de agricultura existente; tres zonas de características homogéneas, separadas también por consideraciones de tipo geográfico, que determinan a su vez características agroclimáticas particulares. Estas son:

- Zona de Calama
- Zona de Chiu Chiu y Lasana
- Zona de Ayquina, Turi y Paniri

### 9.2.2. Zona de Calama

#### 9.2.2.1. Limitantes Agrológicas y de Calidad y Suministro de Aguas

Tal como lo describe en detalle el Capítulo 5, son múltiples los factores limitantes de tipo físico químico que afectan la condición de los suelos de Calama para el desarrollo de agricultura en ellos. Estos factores condicionan un tipo definido de agricultura posible de realizar, lo que sumado a características agroclimáticas y una fuente común de agua superficial de riego, hacen de Calama una zona homogénea para abordar este diagnóstico.

Esta zona presenta una agricultura extremadamente limitada en cuanto a la diversidad de cultivos climáticamente posibles de desarrollar, reduciéndose las alternativas de cultivo a ecotipos altamente resistentes de maíz y la alfalfa a las características químicas del suelo. Existe una precaria actividad agrícola, generalizadamente orientada al autoconsumo, con un porcentaje muy bajo de venta, actividad desarrollada en medio de un entorno desértico y limitado, además, por la mala calidad del agua y la baja disponibilidad del suministro en verano.

Entre los factores físicos químicos limitantes para los suelos de esta unidad homogénea, los de mayor importancia, dados los elevados niveles medidos en el desarrollo del diagnóstico, son la salinidad y la sodicidad, en asociación a elevados niveles de microelementos como el boro y de metaloides como el arsénico.

Según consigna el mencionado diagnóstico, el origen de la problemática asociada a las características del suelo, es de orden genético por una parte y por otro, producto de la implementación de riego agrícola por décadas con agua salino sódica sin ningún tipo de tratamiento, lo que confiere un carácter circular al problema. Esto hace necesaria la implementación, en forma simultánea, de tratamiento de suelos y de aguas en forma paralela, como única forma de habilitar el sistema productivo al desarrollo de otras especies, en el contexto de una agricultura de mayor rentabilidad y extensión.

Después de abastecer a la minería de Chuquicamata y a la agricultura de Chiu Chiu y Lasana, el escaso remanente de las aguas del río Loa, unidas a las aguas del río Salado, proveen mayoritariamente del recurso hídrico para Calama, presentando niveles salino sódicos intolerables por la mayor parte de los cultivos tradicionales.

Agrológicamente, los mejores suelos son salinos y de clase IV sin aptitud frutal ni hortalicera, como referencia del resto, y el suministro hídrico permite regar en promedio, con una frecuencia entre 15 a 25 días en pleno verano. Los mencionados ecotipos resistentes de maíz choclo y alfalfa a la salinidad del agua, se han adaptado por generaciones a las mencionadas condiciones químicas de suelo y agua.

En cuanto a los altos niveles de boro y arsénico en el suelo, en estos cultivos no se genera un problema para su consumo, ya que se ha demostrado científicamente que no existe traslocación de estos elementos a las mazorcas ni a las hojas (maíz y alfalfa respectivamente), por lo que pueden ser consumidos sin problemas para la salud humana y animal. No así en cultivos de raíz, como la zanahoria y la betarraga, de bulbos como el ajo y la cebolla o de tubérculo como la papa.

La salinidad y la sodicidad, tanto en el suelo como en el agua de riego produce, en cultivos sensibles, una drástica disminución del potencial de producción de biomasa, germinación y emergencia de plantas y por ende de rendimiento agrícola, ya que deja retenida

el agua en el suelo y por diferencia potencial osmótico, es muy difícil la extracción del agua por parte de los cultivos.

El sodio en particular, genera una disgregación y dispersión de las partículas del suelo, produciendo una desagregación de la estructura, dificultando el tránsito del agua de riego en el perfil, ocasionando estancamiento y poca infiltración a la zona de raíces.

A lo anterior se suma una alta demanda por suministro hídrico en especial durante la época estival, dado que el método de riego usado es por tendido, siendo la única forma de manejo aplicada en la zona para lavar las sales del suelo acumuladas por el riego, en una capa salino-sódica depositada a los 30 cm de profundidad generalmente. Por esta falta de tecnificación es que la demanda de agua se triplica en verano, ocasionando escases hídrica.

#### 9.2.2.2. Limitantes por Nivel Tecnológico y Contexto Agrícola

El nivel tecnológico es generalizadamente bajo en esta zona, dada la falta de alternativas posibles de cultivo y la baja rentabilidad del rubro. Esto hace que no existan suministros comerciales de insumos agrícolas en Calama, debiendo el agricultor encargarlos a Arica o a La Serena.

Por otro lado, el costo alternativo del suelo es cada vez mayor (presión inmobiliaria), observándose en forma evidente el crecimiento urbano en terrenos que eran recientemente agrícolas. Además, los intereses mineros sobre las aguas ejercen una constante presión, produciéndose históricamente masivas ventas de derechos de agua agrícolas a la minería.

No existe un recambio generacional de agricultores en la zona, dada la escasa rentabilidad del rubro. La gran mayoría son adultos mayores ceñidos a la tradición Atacameña en cuanto al manejo de su agricultura, por lo que logran rentar con esta, es solo un complemento de otras fuentes de ingreso.

En términos generales, se da una situación de irregularidad en cuanto la tenencia de derechos de agua y a la propiedad territorial, ante lo cual, los dirigentes de regantes limitaron el acceso a información.

Por estas razones, gran parte de los agricultores mantienen la actividad a pesar de las serias restricciones, únicamente en un afán de preservar la tradición ancestral de trabajar la tierra, pero que en la práctica y en términos económicos, representa solamente un hobby, según lo expresaron textualmente varios entrevistados. De esta forma, son muy escasas las familias que subsisten de la agricultura. La mayor parte de la gente desarrolla su actividad laboral en otros rubros, principalmente en servicios en Calama.

#### 9.2.2.3. Limitantes Fitosanitarias y/o Ambientales

Tal como se describe en detalle en el Capítulo 7, una de las más serias limitantes fitosanitarias en la zona es el constante crecimiento de infestaciones de potreros de cultivo con la muy invasiva maleza Mostaza Negra, a través de sus diversas formas de propagación.

#### 9.2.2.4. Limitantes de Infraestructura de Riego

En el contexto general, la infraestructura de canales que abastecen los predios no tiene una larga data, son más bien recientes, donde la DOH ha jugado un rol importante en la mayoría. No obstante, existen obras incompletas, existiendo a menudo tramos de canal con desperfectos, en especial las bocatomas, ya que se encuentran expuestas a las crecidas y cambios de caudal y profundidad en el cauce del río. Se constata necesidad imperiosa de mejorar los canales intraprediales, que al ser de tierra se pierden recursos por infiltración.

La acumulación individual no existe y no tiene sentido implementarla, ya que se riega por tendido y no es posible acumular y regar a la vez en el mismo turno. Solamente al mejorar la calidad de aguas tiene sentido fomentar la implementación de tecnología de riego asociada a acumulación individual, desarrollando cultivos de mayor rentabilidad.

#### 9.2.2.5. Definición de Prioridades de Inversión

Tras el análisis realizado, respecto de las principales problemáticas que afectan al desarrollo agrícola en el área de estudio en Situación Actual, cabe realizar una jerarquización de estas limitantes en términos de su impacto y de la factibilidad de sus soluciones. En base a esto, se debe definir prioridades hacia donde orientar eventuales inversiones para desarrollo agrícola.

De esta forma, para la zona homogénea de Calama, el presente diagnóstico asigna el siguiente orden de prioridades a considerar, al abordar un plan de desarrollo agrícola:

- Mejorar la calidad de aguas para riego, enfocando recursos para:
  - Tratamiento intensivo de aguas superficiales salino sódicas con osmosis inversa
  - Tratamiento de intensivo de aguas para abatimiento de boro y arsénico
- En forma paralela y con la misma prioridad, mejorar la calidad de los suelos agrícolas, a través de la implementación de un programa generalizado de tratamiento intensivo de suelos, tal como lo describe en detalle el capítulo de caracterización y diagnóstico de suelos:

- Implementación intensiva de prácticas de lavado de sales en suelos salinos y salino sódicos
- Aplicación intensiva de enmiendas sistemáticas con $CaSO_4$ (sulfato de Calcio) para tratar sodificación en suelos sódicos
- Aplicaciones anuales de materia orgánica compostada, como quelante para neutralizar el pH del suelo, haciendo de esa forma, menos disponible el boro y el arsénico para los cultivos, aparte de su impacto en la fertilidad de los suelos y de mejoramiento en la retención del agua
- Implementación de un programa de fertilización fosforada en suelos que exceden niveles normados de arsénico (formación de compuestos que fijan y bloquean el arsénico)

- En segundo lugar en prioridad se requiere mejorar el suministro hídrico, para aumentar así la frecuencia de riego. Esto a través de acumulación comunitaria de agua, aprovechando así la mejor calidad del agua de las crecidas (tranques comunitarios o embalse de riego).

- Como tercera prioridad, se requiere implementar un programa de mejoramiento de canales primarios y bocatomas y revestimiento de canales intraprediales

Todas las medidas anteriores deben obligatoriamente estar asociadas a la implementación de programas de asesoría y transferencia tecnológica y de apoyo financiero y crediticio, que permitan al agricultor la adopción de nueva tecnología, para ejecutar exitosamente el cambio de uso de los suelos de Calama, desarrollando nuevos cultivos con tecnificación, insertándose con nuevos productos en un mercado de mayor rentabilidad.

## 9.3. Zona de Chiu Chiu y Lasana

### 9.3.1. Limitantes Agrológicas y de Calidad y Suministro de Aguas

Esta zona constituye un oasis productivo preferentemente orientado a la producción hortalicera, ya que al regar con recursos del Río Loa, antes de su confluencia con el Río Salado, se accede a regar con un considerable menor contenido de sales en el agua, respecto del riego en Calama, accediendo a un suministro relativamente seguro y constante de recurso, lo que permite incursionar en producción de varias especies de hortalizas para venta local y en Calama. No obstante, esta calidad del agua y su nivel de salinidad, igual limita la producción de frutales y otras especies sensibles.

Los suelos en esta zona homogénea, a diferencia de la zona de Calama, presentan niveles notoriamente menores en aquellos parámetros que marcan las mayores restricciones al uso agrícola (salinidad, sodio, boro y arsénico), no obstante superan igual, pero levemente la

norma en cada parámetro, por lo que existe igual un nivel de afectación en la potencialidad agrícola de estos suelos, requiriendo medidas de mitigación acordes a estas características.

### 9.3.2. Limitantes por Nivel Tecnológico y Contexto Agrícola

Dadas las descritas características de calidad de suelos y de calidad y suministro de agua para riego, en esta zona el desarrollo agrícola es mayor que en Calama, en términos del rol que cumple el rubro en la economía de la comunidad. El agricultor sí vive de la agricultura y de la comercialización de sus productos. Existe así un mayor nivel tecnológico promedio, dado que la mayor rentabilidad de los cultivos presentes conlleva a su vez, un manejo agronómico más elaborado asociado a mayores costos en tecnología.

Si bien existe tecnología de invernaderos y riego tecnificado en producciones intensivas de hortaliza, la mayor parte de la agricultura se desarrolla al aire libre y con riego tradicional, lo que implica un foco de atención ante eventuales proyectos de desarrollo agrícola.

### 9.3.3. Limitantes Fitosanitarias y/o Ambientales

Tal como se describe en detalle en el Capítulo 7, una de las más serias limitantes fitosanitarias en la zona es la creciente infestación de suelos con el hongo Alternaria sp., producto del monocultivo de zanahoria en Chiu Chiu y Lasana.

Si bien la situación de calidad y suministro es mejor que en Calama, el sector no está exento de la problemática ambiental producida por la cercanía al tranque de relave minero Talabre. Muchas especies de hortalizas de hoja no dan buenos resultados, pues se quema su follaje producto del viento cargado con partículas de desecho minero. Algunos productores, invirtiendo e incursionando en tecnología de invernaderos y tecnificación de riego, han logrado con esto proteger los cultivos con éxito, obteniendo así lechuga, rábanos, cilantro, espinacas, repollos, etc., de buena calidad para el mercado de Calama, que de otra forma sería imposible.

### 9.3.4. Limitantes de Infraestructura de Riego

En esta zona se manifiesta como problemática factible de abordar a través de eventuales proyectos de riego, el estado actual de canales primarios y secundarios o intraprediales. Los aspectos deficitarios en cuanto a infraestructura se asocian a bocatomas en mal estado o inexistentes, tramos de canales sin revestir y tramos desnivelados, provocando rebalses y canales intraprediales no revestidos. Todo lo anterior redunda en mala eficiencia de conducción del agua, generando pérdidas.

### 9.3.5. Definición de Prioridades de Inversión

Dado que situación de calidad y de suministro de agua está lejos de tener la gravedad que tiene en la zona de Calama, al igual que la condición físico química de los suelos; las prioridades de inversión en riego tienen el siguiente orden en esta zona:

- Mejorar la infraestructura de bocatomas, canales matrices y revestir canales intraprediales
- Como segunda prioridad, mejorar la calidad de aguas para riego, enfocando recursos para:
  - Tratamiento intermedio de aguas superficiales salino sódicas con osmosis inversa
  - Tratamiento intermedio de aguas para abatimiento de boro y arsénico
- Con la misma prioridad del anterior punto, se requiere mejorar la calidad de los suelos agrícolas, a través de la implementación de un programa intermedio de tratamiento de suelos, tal como lo describe en detalle el capítulo de caracterización y diagnóstico de suelos:
  - Implementación de prácticas intermedias de lavado de sales en suelos salinos y salino sódicos en sectores problemáticos
  - Aplicación de enmiendas en dosis y frecuencia intermedia con $CaSO_4$ (sulfato de Calcio) para tratar sodificación en sectores problemáticos
  - Aplicaciones intensivas (dados los bajos niveles detectados) de materia orgánica compostada, como quelante para neutralizar el pH del suelo, haciendo de esa forma, menos disponible el boro y el arsénico para los cultivos, aparte de su impacto en la fertilidad de los suelos y de mejoramiento en la retención del agua
  - Implementación de un programa de fertilización fosforada en suelos que exceden niveles normados de arsénico (formación de compuestos que fijan y bloquean el arsénico) (especialmente en Lasana que presentó bajos niveles de fósforo)
- En forma paralela al abordaje de estas problemáticas, se recomienda fomentar el riego tecnificado asociado a cultivos bajo invernaderos, como única forma de palear el problema ambiental generado por las mencionadas partículas tóxicas provenientes del Tranque Talabre.

## 9.4. Zona de Ayquina, Turi y Paniri

### 9.4.1. Limitantes Agrológicas y de Calidad y Suministro de Aguas

Las localidades de Ayquina, Turi y Paniri riegan con afloramientos de agua subterránea, dado que se encuentran sobre cota del río Salado y por la salinidad que lo caracteriza. La calidad de estas aguas varía según la fuente, pero en términos generales, permite el desarrollo de mayor gama de cultivos con adaptabilidad climática al sector.

En Ayquina la mejor calidad de aguas permite la producción para autoconsumo, además del maíz y la alfalfa, de cultivos hortícolas de pequeña escala. Se produce así habas, papa, lechuga y repollo en pequeñas terrazas de cultivo de suelo mejorado con guano, dispuestas en contorno.

En Turi se desarrolla agricultura en la planicie aledaña a la pradera natural arbustiva, asociando producción de ovinos y llamas para venta local informal y autoconsumo. Se riega con afloramientos de carácter termal, con aguas azufradas, efervescentes y de temperatura tibia, limitando el espectro de cultivos a la alfalfa, la papa y el haba. Se suma el problema de salinidad de los suelos en Turi, donde programas con INDAP para mejorar los suelos, no han dado resultado.

En la localidad de Paniri es posible el cultivo de múltiples especies agrícolas, dado que la calidad del agua es muy buena, tanto para riego como para consumo humano, lo que permite cultivar en verano pequeñas terrazas habilitadas para cultivo de autoconsumo a pequeña escala.

Los resultados del diagnóstico físico químico de suelos revelan niveles de parámetros que, si bien están lejos de los detectados en Calama (salinidad, sodio, boro y arsénico), igualmente sobrepasan la norma para estos. Tal es el caso de salinidad y sodicidad en Ayquina, de arsénico en Turi y de boro en las tres localidades. La única localidad que presenta suelos no salinos en el área de estudio, es Paniri.

De este modo, independiente de las prioridades en la zona, se deben contemplar programas de tratamiento de suelos como los descritos en el Capítulo 5.

### 9.4.2. Limitantes por Nivel Tecnológico y Contexto Agrícola

Por su ubicación geográfica, este sector presenta temperaturas promedio inferiores a Calama y Chiu Chiu, además de presentar fuertes vientos en los sectores más abiertos, lo que limita seriamente el cultivo de frutales y de maíz. En gran parte la agricultura en este sector, se ha abandonado, porque hay menos agua y porque los agricultores han envejecido sin recambio

generacional, no obstante, la agricultura existente, se ciñe a la tradición ancestral atacameña en cuanto a su manejo, especies cultivadas y el objetivo de suplir el autoconsumo.

La existencia de una vasta superficie de praderas naturales arbustivas en los lomajes precordilleranos, permite el desarrollo y da sustento en primavera y verano a una ganadería extensiva de ovinos y camélidos (llamas), orientados al autoconsumo y al comercio informal de carne a nivel local.

### 9.4.3. Limitantes Fitosanitarias y/o Ambientales

Dado el contexto geográfico de esta zona, que le confiere cierto grado de aislación por sus barreras naturales, y del tipo de agricultura existente, los problemas ambientales y fitosanitarios descritos para las anteriores zonas, no se han desarrollado en esta. Se están implementando las medidas preventivas para evitar contaminaciones (INIA – INDAP para Mostaza Negra).

No obstante, la vega de Turi se está secando, ya que en los años más secos las extracciones de agua no se ajustan a la menor disponibilidad de agua, por lo que la vega queda sin agua. El agua es utilizada principalmente por Ferrocarriles, Aguas Antofagasta y CODELCO. La solución es adecuar las extracciones a la disponibilidad física del recurso, permitiendo que las vegas se recuperen. Existe plaga de chululos (roedores), que genera que el agua escurra más rápido y se seque la vega. A la vez, las vertientes traen menos agua por extracciones ilegales y la fiscalización del Estado no es suficiente para solucionar el problema.

### 9.4.4. Limitantes de Infraestructura de Riego

En términos generales, en esta zona homogénea, una de las principales limitantes para el desarrollo de la agricultura, es el estado de la infraestructura de canales matrices y secundarios.

En Turi se requiere mejoramiento de los canales secundarios. En Ayquina se requiere como prioridad el mejoramiento del canal principal (6-7 km) y en Paniri se requiere mejorar la captación de agua de la vertiente, la que producto de las lluvias bajó su cota obligándoles a bombear para poder abastecer los acumuladores en los que ya se había invertido y la red de canales, los cuales son de piedra y requieren mantención.

### 9.4.5. Definición de Prioridades de Inversión

Dado que las localidades que componen esta zona guardan similitudes y diferencias en cuanto sus problemáticas, se establece el siguiente orden de prioridades en el contexto de un eventual proyecto de riego:

- Se requiere mejorar la infraestructura de bocatomas y canales matrices y secundarios en las tres localidades y se requiere mejorar la captación de agua de la vertiente en Paniri

- Como segunda prioridad, se requiere mejorar la calidad del agua de riego para poder regar mayor diversidad de cultivos en Turi (hortalizas)

- Con la misma prioridad del anterior punto, se requiere mejorar la calidad de los suelos agrícolas, a través de la implementación de un programa intermedio de tratamiento de suelos, tal como lo describe en detalle el capítulo de caracterización y diagnóstico de suelos:

  - Implementación de prácticas intermedias de lavado de sales en suelos salinos y salino sódicos en sectores problemáticos (en especial Ayquina)

  - Aplicación de enmiendas en dosis y frecuencia intermedia con $CaSO_4$ (sulfato de Calcio) para tratar sodificación en sectores problemáticos (Ayquina presenta los mayores niveles de esta zona)

  - Aplicaciones intensivas (dados los bajos niveles detectados en Turi) de materia orgánica compostada, como quelante para neutralizar el pH del suelo (muy alto en las tres localidades), haciendo de esa forma, menos disponible el boro y el arsénico para los cultivos, aparte de su impacto en la fertilidad de los suelos y de mejoramiento en la retención del agua

  - Implementación de un programa de fertilización fosforada en suelos que exceden niveles normados de arsénico (formación de compuestos que fijan y bloquean el arsénicoespecialmente en Lasana que presentó bajos niveles de fósforo). Turi presenta bajos niveles de fósforo.

- En tercera prioridad requiere implementar un programa de tecnificación y acumulación comunitaria de agua de riego en las tres localidades

Todas las medidas anteriores deben obligatoriamente estar asociadas a la implementación de programas de asesoría y transferencia tecnológica y de apoyo financiero y crediticio, que permitan al agricultor aprovechar el potencial beneficio asociado a estos mejoramientos, desarrollando mayor diversidad de cultivos y expandiendo eventualmente la superficie agrícola.

# CAPÍTULO 10

# MODELO DE SIMULACIÓN

# 10. MODELO DE SIMULACIÓN

## 10.1. Aspectos Generales

En el presente capítulo se expone el desarrollo del Modelo de Simulación del sistema en estudio, el cual ha sido implementado sobre la Plataforma WEAP. Este modelo recibe como input principal, los caudales de cabecera y/o laterales que han sido previamente modelados (ver Capítulo 6) para las 20 subcuencas que conforman el sistema en estudio. Las 20 subcuencas en las cuales se ha subdividido el sistema en estudio pueden verse en el Cuadro 10.1-1 y en la Figura 10.1-1.

A continuación se describe brevemente el Modelo WEAP y sus alcances, para posteriormente detallar el Modelo implementado en el presente estudio, el método de calibración y sus resultados preliminares.

**CUADRO 10.1-1**
**SUBCUENCAS PRESENTES EN EL SISTEMA MODELADO**

| ID | Nombre subcuenca | Área ($km^2$) |
|---|---|---|
| **1** | Quebradas sin nombre a Loa abajo de junta Salado | 1986 |
| **2** | Rio Salado antes de junta con Loa | 163 |
| **3** | Rio Loa antes de junta con Salado | 269 |
| **4** | Rio Loa aguas arriba de Lasana | 378 |
| **5** | Quebrada Yalqui antes junta con Salado | 480 |
| **6** | Quebrada Concocha antes junta con Salado | 162 |
| **7** | Quebrada Cerroqui antes junta con Salado | 437 |
| **8** | Salar Turi antes de junta con Salado | 362 |
| **9** | Quebrada sin nombre antes de junta con Salado | 16 |
| **10** | Rio Salado antes con Quebrada sin nombre | 42 |
| **11** | Quebrada sin nombre antes de junta con Rio Curti | 45 |
| **12** | Rio Curte antes de junta con Rio Caspana | 62 |
| **13** | Rio Caspana antes de Caspana | 88 |
| **14** | Rio Salado antes de junta con Toconce | 161 |
| **15** | Rio Hojalar antes junta con Rio Toconce | 169 |
| **16** | Rio Toconce arriba de Represa Sendos | 157 |
| **17** | Rio Loa antes de Embalse Conchi | 4181 |
| **18** | Quebrada sin nombre aguas arriba de Caspana | 15 |
| **19** | Rio Caspana-Curti antes de junta con Rio Salado | 15 |
| **20** | Rio Salado antes de Ayquina | 24 |

Fuente: Elaboración propia.

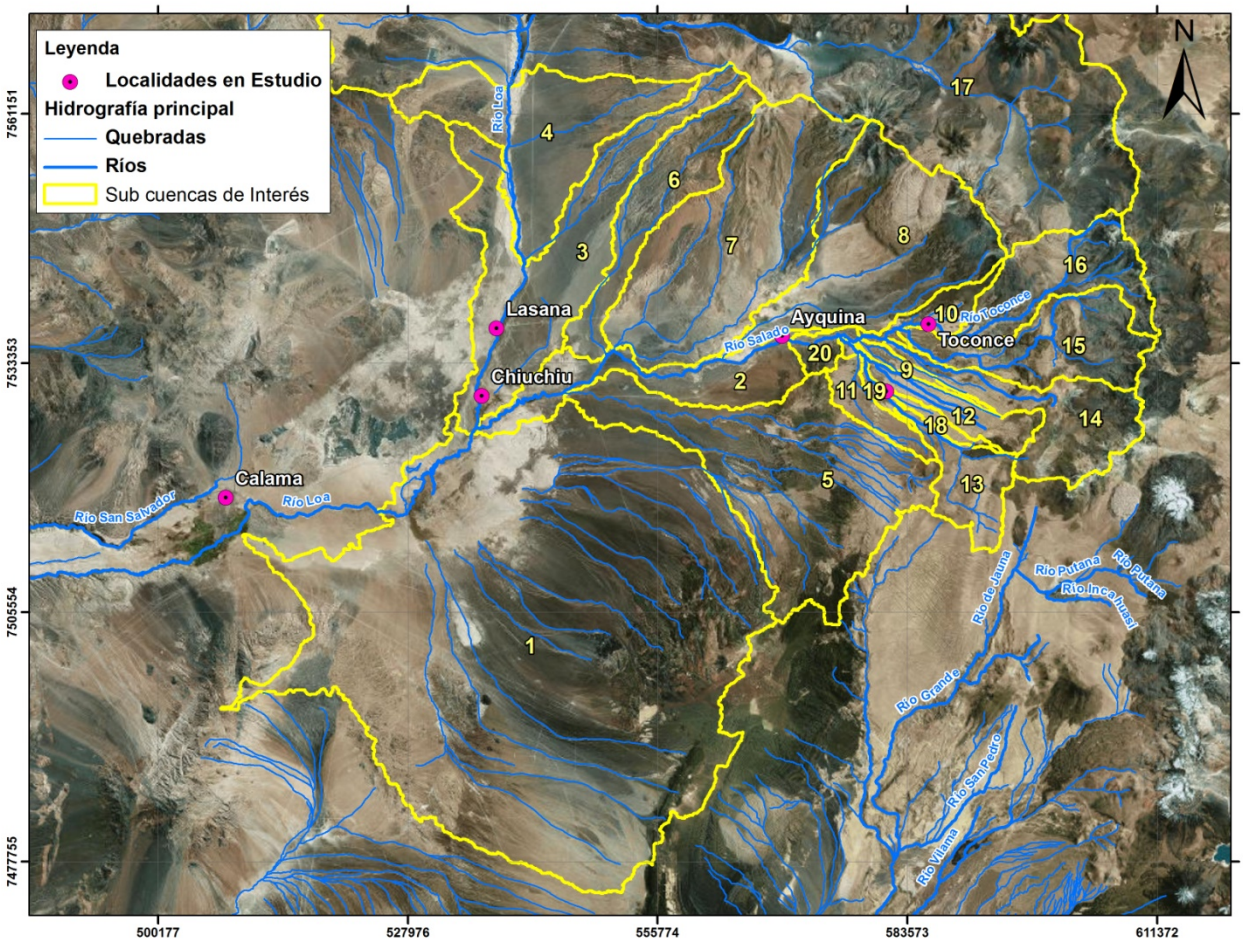



**FIGURA 10.1-1**
**SUBCUENCAS PRESENTES EN EL SISTEMA MODELADO**

Fuente: Elaboración propia.

## 10.2. Descripción del Modelo WEAP

La plataforma WEAP (*Water Evaluation And Planning system*) fue desarrollada por el SEI (*Stockholm Environment Institute*) en 1989, ha sido aplicado con bastante popularidad y buenos resultados, tanto en estudios de disponibilidad como de planificación del recurso hídrico. Es una herramienta computacional de modelación para la planificación y distribución de aguas. Incluye específicamente un modelo hidrológico y funciona en base de balance de oferta y demanda de aguas. A diferencia de otros modelos de planificación de recursos hídricos basados en modelación hidrológica externa, WEAP es un modelo forzado por variables climáticas. Además, incluye rutinas diseñadas para distribuir el agua entre diferentes tipos de usuarios desde una perspectiva humana y ecosistémica. Este modelo posee una interface amigable y provee un enfoque integral, que permite su aplicación con diferentes objetivos. Estas características lo convierten en un modelo ideal para la gestión y planificación de los Recursos Hídricos.

Para efectos del presente estudio, no se ha utilizado el módulo hidrológico de WEAP, ya que la modelación del proceso precipitación-escorrentía se realizó por fuera en el modelo GR2M tal como se explicó en el Capítulo 6, y sus caudales resultantes son inyectados directamente en forma externa.

## 10.3. Elementos Topológicos Factibles de Modelar en WEAP

### 10.3.1. Área Aportante (Unidad Hidrológica o *Catchment*)

Comúnmente corresponde a una subcuenca o a una banda de elevación, pero puede estar dada por cualquier unidad de respuesta hidrológica. Este es el tipo de elemento en el cual ocurre la transformación de la lluvia (sólida o líquida) en escorrentía (caudal) y dentro del cual se debe realizar la calibración de los parámetros hidrológicos antes mencionados, así como recibir el input de las variables climáticas y físicas requeridas en cada uno. En la Figura 10.3.1-1 se muestra una vista de ejemplo de la interface de WEAP para la configuración de un *catchment*.

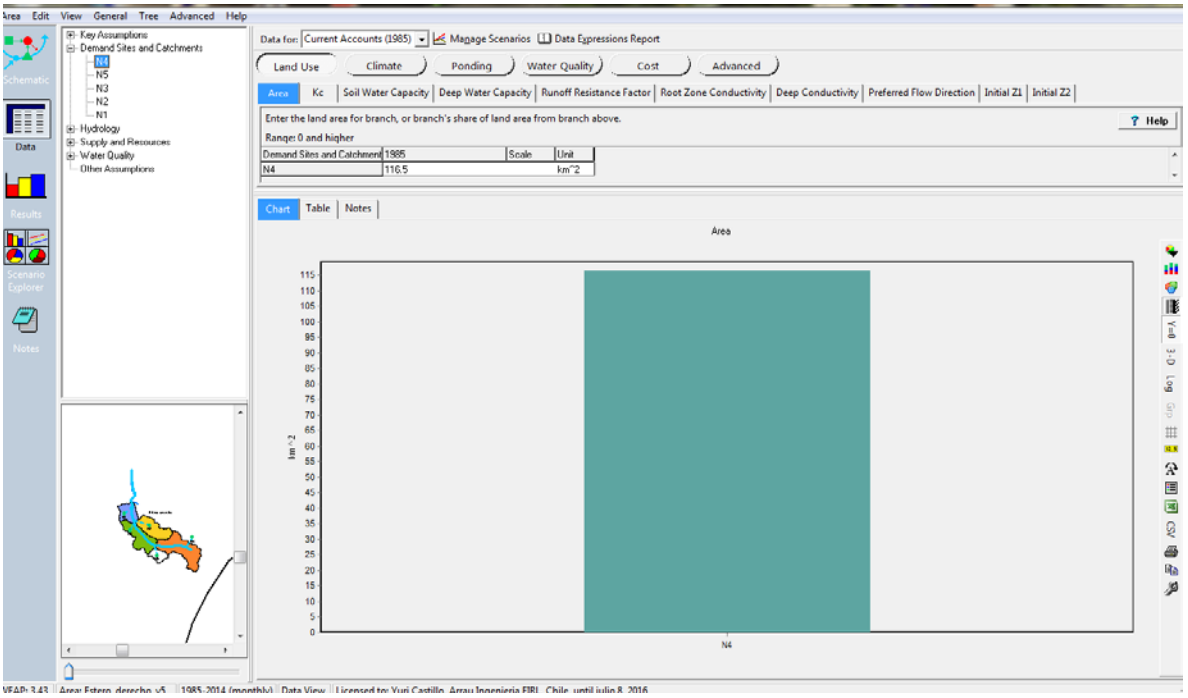



**FIGURA 10.3.1-1**
**EJEMPLO CONFIGURACIÓN DE CATCHMENT EN WEAP**

Fuente: "Diseño para el Aprovechamiento Óptimo de los Recursos Hídricos del Río Chalinga y Estero Derecho" (DOH-Arrau Ingeniería, 2016).

### 10.3.2. Ríos

Cada área aportante puede entregar agua a un río, representado por una línea. A lo largo de los ríos pueden ubicarse estaciones fluviométricas para contrastar internamente los datos observados con los modelados (calibración), como también requerimientos de caudal mínimo, lo cual es de gran utilidad cuando se desea considerar un **caudal ecológico**. Es en los ríos donde se produce la suma o resta de los distintos caudales que van siendo aportados (balances), ya sea desde otros *catchment*, retornos o devoluciones, o los que van siendo sustraídos por las distintas demandas o derivaciones de agua hacia otras partes del sistema modelado.

### 10.3.3. Acuíferos

En WEAP los acuíferos pueden ser modelados mediante una representación simple de estanque (simula recarga y bombeo de agua subterránea) sin interacción río acuífero, o mediante la representación de "cuña", en la que sí se considera interacción río-acuífero, conectando tramos de río con una simplificación del reservorio subterráneo (Figura 10.3.3-1).

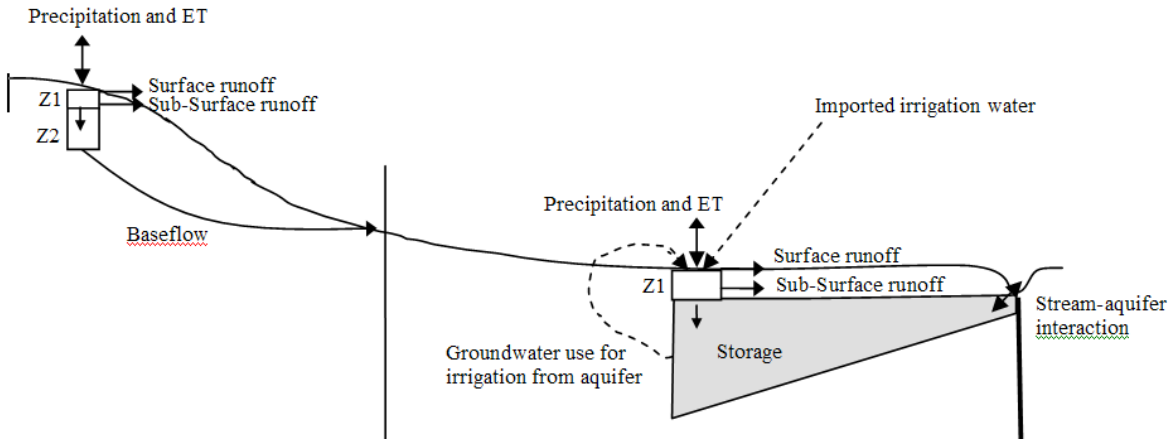



**FIGURA 10.3.3-1**
**ESQUEMA INTERACCIÓN RÍO ACUÍFERO EN WEAP**

Fuente: Manual de WEAP.

### 10.3.4. Embalses

En WEAP los embalses pueden ser incluidos como elementos independientes a lo largo de un río. Deben ser configurados con los datos básicos, estos son:

- Capacidad
- Curva de embalse (altura v/s volumen)

- Pérdidas por evaporación e Infiltración
- Caudal máximo de entrega
- Regla de operación
- Volúmenes observados (opcional), pueden ser usador con fines de calibración.
- Otros

De esta forma, los caudales afluentes a un embalse son almacenados y/o repartidos hacia aguas abajo del mismo según la configuración dada.

### 10.3.5. Canales

Al igual que los embalses, los canales pueden ser configurados con reglas de extracción, que dependan por ejemplo, de funciones lógicas relacionadas con el caudal disponible en ese momento en el río. De esta forma se pueden respetar las restricciones relacionadas con los derechos de agua, reglas de repartición o de caudales ecológicos. Asimismo, en los canales se pueden asignar pérdidas, las cuales pueden alimentar a un acuífero o bien retornar al río. En la Figura 10.3.5-1 se muestra un ejemplo de la vista de configuración de uno de los canales del río Elqui, modelado en WEAP en el "Estudio Modelos de Gestión de Recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos para las cuencas de las provincias de Elqui, Limarí y Choapa" (CRDP Coquimbo, 2014).

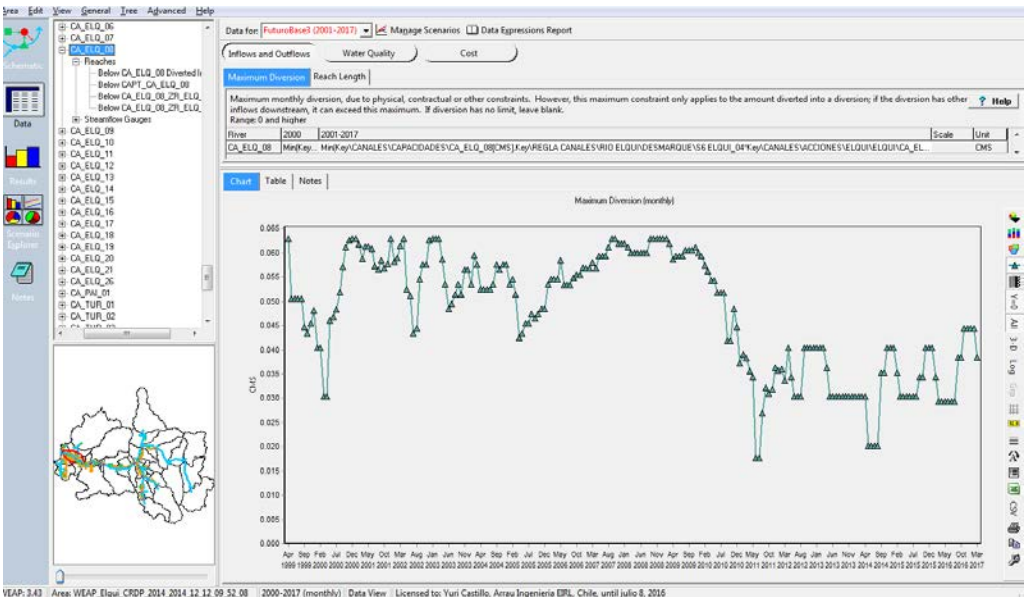


**FIGURA 10.3.5-1**
**VISTA DE INTERFACE WEAP PARA CONFIGURACIÓN DE CANALES**
**EJEMPLO CANAL RÍO ELQUI**

Fuente: Estudio de Modelos de Gestión de Recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos para las cuencas de las provincias de Elqui, Limarí y Choapa. (CRDP Coquimbo, 2014)

## 10.3.6. Centrales Hidroeléctricas

Los tipos centrales hidroeléctricas disponibles en WEAP son las centrales de Embalse, las cuales se configuran al interior de los mismos embalses (Acápite 2.3.4), pudiendo definir prioridades de uso y demandas de energía además de los datos básicos requeridos (factor de planta, máximo caudal turbinable o generable, eficiencia de generación y altura de caída), o bien, centrales de paso las que requieren los mismos inputs o sus equivalentes. En ambos casos pueden ser incluidos los costos de operación (fijos y variables) así como los beneficios.

## 10.3.7. Sitios de Demanda

En los sitios de demanda pueden ser representados cualquier tipo de demanda, ya sea **riego**, consumo de **agua potable** u otros. Pueden ser incluidos elementos tales como pérdidas, reúsos y costos. Las demandas pueden ser ingresadas como series de tiempo. En el caso de la presente consultoría, las demandas de riego serán estimadas en el estudio agroeconómico, por lo que serán ingresadas de forma externa. Dependiendo de cómo se construya el modelo, pueden ser incluidas las pérdidas por conducción de los canales que conecten los sectores de riego con las fuentes de agua (ríos, embalses). En la Figura 10.3.7-1 se muestra una vista de ejemplo de un sitio de demanda empleado en el "Estudio Modelos de Gestión de Recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos para las cuencas de las provincias de Elqui, Limarí y Choapa" (CRDP Coquimbo, 2014).

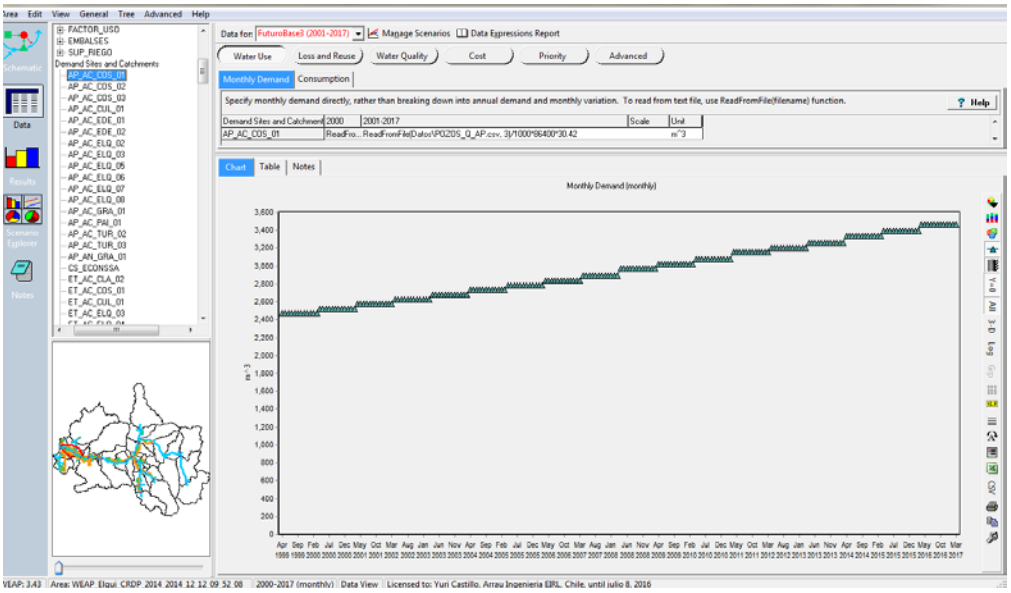


**FIGURA 10.3.7-1**
**VISTA DE INTERFACE WEAP PARA CONFIGURACIÓN DE SITIO DE DEMANDA**
**EJEMPLO RÍO ELQUI**

Fuente: Estudio de Modelos de Gestión de Recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos para las cuencas de las provincias de Elqui, Limarí y Choapa. (CRDP Coquimbo, 2014).

## 10.4. Sistema Modelado en Situación Actual

### 10.4.1. Área de Modelación

El sistema modelado corresponde a las cuencas de los Ríos Loa y Salado. En el caso de la cuenca del Salado (afluente al Loa), el sistema se ha modelado desde las cabeceras. En el caso del Río Loa se ha modelado desde el Embalse Conchi hacia aguas abajo. El punto de término del Modelo corresponde al Río Loa aguas abajo del sector de riego de Calama. La Figura 10.4.1-1 muestra una vista de ejemplo al esquema general del modelo WEAP construido para el sector del Salado Alto.

En el estado actual del Modelo, pueden encontrarse los elementos topológicos que se detallan a continuación.

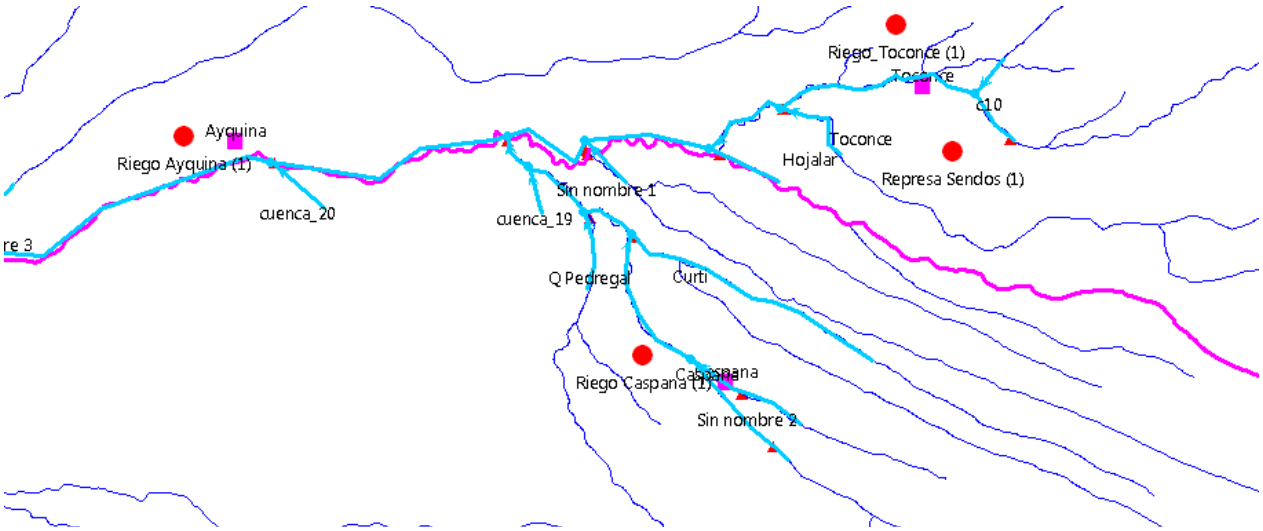



**FIGURA 10.4.1-1**
**ESQUEMA TOPOLÓGICO WEAP LOA-SALADO (VISTA DE EJEMPLO)**

Fuente: Elaboración propia.

## 10.4.2. Ríos

Se han incluido como parte del Modelo a 10 ríos que se enlistan en el Cuadro 10.4.2-1, además de 3 quebradas sin nombre que fueron incorporadas como río y otros 7 aportes laterales que también fueron incorporados como río, 20 elementos en total.

**CUADRO 10.4.2-1**
**CURSOS DE AGUA PRINCIPALES INCLUIDOS EN EL MODELO WEAP**

| |
|---|
| Caspana |
| Curti |
| Hojalar |
| Loa |
| Quebrada Cerroqui |
| Quebrada Concocha |
| Quebrada Pedregal |
| Quebrada Yalqui |
| Salado |
| Toconce |

Fuente: Elaboración propia.

## 10.4.3. Aportes de Cabecera o Headflow

Los Headflow son series de tiempo, en este caso de caudales, que son inyectadas al modelo de forma externa, es decir, que han sido obtenidos mediante otros métodos, ya sea

otro modelo o bien estadísticas observadas, que alimentan al sistema desde distintos puntos. En el presente modelo, se incorporan 20 Headflow, 19 de los cuales corresponden a los caudales modelados (Ver Capítulo 6) y en el modelo GR2M, mientras que el Headflow restante corresponde a las estadísticas fluviométricas de la estación "Río Loa en Salida de Embalse Conchi". Puesto que esta estación posee registros suficientes, y estaba ubicada aguas abajo de un embalse, se optó por usar la estadística observada ya que no había necesidad de modelarla en la situación actual. En este sentido, la estadística observada se usa sólo como condición de borde para la situación actual, lo que permite calibrar el modelo aguas abajo del mismo Embalse en la situación sin proyecto. Lo anterior quiere decir, que en la modelación de los distintos escenarios futuros (con proyecto(s)), el Embalse Conchi será modelado como elemento explícito en WEAP, y se podrá, por lo tanto, evaluar nuevas reglas de operación u otro tipo de modificaciones.

### 10.4.4. Acuíferos

Los Acuíferos han sido incluidos con el único fin de ser receptores del agua que infiltran los cauces, ya que en ningún sector se usan las aguas subterráneas para regar. De esta forma, las pérdidas por unidad de longitud estimadas, fueron incorporadas en los distintos segmentos de los cauces, tanto del río Loa como del río Salado. Se usó como supuesto que los valores de pérdidas calculados a partir de la campaña de aforos fueran representativos de todos los segmentos de los cauces tanto como para el eje del río Loa como para el Salado. De acuerdo con lo anterior, fueron definidos 4 acuíferos en el río Loa, 3 en el río Toconce, y 8 en el salado, 15 elementos en total.

### 10.4.5. Zonas de Riego

Las zonas de riego en realidad son sitios de demanda "genérica" que se configuran como riego. Han sido incluidos sólo aquellos sectores que riegan con agua de río, en total 5 zonas de riego, un gran sector de riego por cada localidad que se abastece con aguas de los ríos Loa, Salado o sus afluentes. Los sectores de riego son: Toconce, Caspana, Chiu-Chiu, Lasana, Calama. La demanda hídrica estimada para cada sector de riego ha sido definida para la Situación Actual Agropecuaria (Capítulo 7) y se presenta resumida en el Cuadro 10.4.5-1.

**CUADRO 10.4.5-1**
**DEMANDAS DE RIEGO POR DISTRITO CENSAL AGROPECUARIO**

| Tasa de Riego Ponderada Dda + Lixiviación (m3/ha/mes) | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Sector** | **Sup (ha)** | **Abr** | **May** | **Jun** | **Jul** | **Ago** | **Sep** | **Oct** | **Nov** | **Dic** | **Ene** | **Feb** | **Mar** | **Total** |
| **Calama** | 454 | 2.403 | 2.027 | 1.460 | 1.294 | 1.470 | 2.564 | 3.569 | 4.608 | 5.293 | 6.042 | 5.553 | 4.509 | 3.399 |
| **Chiuchiu** | 203 | 810 | 754 | 587 | 435 | 495 | 2.709 | 3.777 | 4.635 | 5.486 | 5.992 | 5.400 | 1.289 | 2.698 |
| **Caspana** | 102 | 2.512 | 2.293 | 1.761 | 1.429 | 1.666 | 2.700 | 3.774 | 4.287 | 4.513 | 5.398 | 5.188 | 3.964 | 3.290 |

Fuente: Elaboración propia.

La desagregación de estas demandas entre las 5 zonas de riego antes mencionadas se llevó a cabo calculando las envolventes de riego en cada zona a partir de la imagen satelital Google Earth.

Debe dejarse en claro que para efectos de la modelación, es preferible ocupar la información de las demandas de riego en lugar de la información disponible de derechos de aguas de riego, ya que ésta rara vez está completa y adecuadamente georreferenciada.

A modo de ejemplo, se tiene que en el sector Lasana-Chiu Chiu, de acuerdo a la información de derechos de agua sistematizada en el marco del estudio "Plan de Gestión de Riego Región de Antofagasta" (CNR – AMPHOS 21, 2017), sólo existen 4 derechos de agua en todo el sector, por un total de 4,5 L/s, mientras que el Catastro de Infraestructura realizado en el presente estudio indica la presencia de 5 bocatomas sólo en Lasana, y un número indeterminado de bocatomas en Chiu Chiu que no pudieron ser catastradas. Por este motivo, para el uso riego, se considera más confiable y robusta la información de las demandas de riego a nivel mensual estimadas en el presente estudio.

### 10.4.6. Canales

En forma preliminar, y dadas las características de la infraestructura de riego del área de estudio, se ha considerado la inclusión de los canales de riego de forma agregada. Esto quiere decir, que como los canales son pequeños, y asimismo lo son las zonas de riego, es suficiente agregar todos los canales como uno solo por cada sector de riego. Esta simplificación guarda directa relación con la escala de análisis del estudio, la cual es una escala a nivel de cuenca, por lo que no sería necesario modelar con tanto nivel de detalle cada sector de riego. De acuerdo con esto, se incluyen en el modelo 6 canales: Toconce, Caspana, Ayquina[1], Chiu-Chiu, Lasana, Calama.

### 10.4.7. Consumo de Agua Potable

Las extracciones para Agua Potable considerada en el modelo, son aquellas que figuran en el Catastro Público de Aguas (CPA) de la DGA para el Área de Estudio y que se detallan en el Cuadro 10.4.7-1.

[1] En Ayquina actualmente no se riega con agua de río, sino con agua de vertientes, sin embargo para efectos del modelo se deja un canal con captación igual a 0, para eventualmente evaluar algún escenario futuro que considere una captación desde el río.

**CUADRO 10.4.7-1**
**DERECHOS DE AGUA POTABLE EN ÁREA DE ESTUDIO**

| ID | Titular | Caudal Solicitado | Unidad Caudal Solicitado | Caudal Otorgado | UTM Norte (m) | UTM Este (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **SENDOS II REGION** | 150 | L/s | 140 | S/I | S/I |
| 2 | **SENDOS II REGION Y OTROS** | 0,9 | L/s | 0,9 | 7.527.500 | 584.450 |
| 3 | **AGUAS DEL ALTIPLANO S.A.** | 172.200 | $m^3$/año | S/I | 7.518.100 | 510.120 |
| 4 | **AGUAS DEL ALTIPLANO S.A.** | 401.800 | $m^3$/año | S/I | 7.518.024 | 510.218 |
| 5 | **AGUAS DEL ALTIPLANO S.A.** | 172.200 | $m^3$/año | S/I | 7.518.024 | 510.218 |
| 6 | **AGUAS DE ANTOFAGASTA S.A.** | 172.200 | $m^3$/año | S/I | 7.518.024 | 510.218 |
| 7 | **AGUAS DE ANTOFAGASTA S.A.** | 401.800 | $m^3$/año | S/I | 7.577.637 | 541.647 |
| 8 | **AGUAS ANTOFAGASTA S.A.** | 172.000 | $m^3$/año | S/I | 7.518.024 | 510.218 |
| 9 | **AGUAS DE ANTOFAGASTA S.A.** | 401.800 | $m^3$/año | S/I | 7.518.024 | 510.218 |
| 10 | **AGUAS DE ANTOFAGASTA S.A.** | 172.200 | $m^3$/año | S/I | 7.516.494 | 510.319 |
| 11 | **SENDOS II REGION** | 50 | L/s | S/I | S/I | S/I |

Fuente: Elaboración propia

En aquellos casos en que no se conoce el caudal otorgado se utiliza en caudal solicitado. Existen 2 puntos en que no se conocen las coordenadas, sin embargo se conoce el nombre de la fuente. En el caso del punto 1, corresponde a un derecho ubicado en el Río Hojalar, mientras que el punto 11 está ubicado en el Río Linzor (afluente al Toconce) y corresponde al caudal captado por la Represa SENDOS. En el caso particular de la Represa SENDOS ubicada en el tramo alto del río Toconce, ésta corresponde a un embalse lateral por lo cual no es necesario modelarlo como embalse sino únicamente como una extracción normal pareja por el caudal que se señala en el Cuadro 10.4.7-1.

El punto 4, está ubicado aguas arriba del Embalse Conchi, razón por la cual no se incluye en el modelo ya que la cabecera de la zona modelada en la cuenca del Loa está dada por este embalse.

10.4.8. Otras consideraciones generales del Modelo.

En este acápite se incluyen algunas aclaraciones que deben tenerse en cuenta para poder comprender cómo opera el modelo de simulación en WEAP:

1. Derechos de agua mineros. Luego de una revisión del estado del arte de los derechos de agua en el área de estudio, basado principalmente en la base de datos proporcionada por la DGA (CPA), y la información recopilada y sistematizada por el estudio “Plan de Gestión de Riego Región de Antofagasta” (CNR – AMPHOS 21, 217), se determinó que no existen derechos mineros de aguas superficiales en las cuencas estudiadas, razón por la cual no se incluyen en el modelo.

2. Pozos. El modelo no considera pozos de ningún tipo, ya que en primer lugar, en la zona de estudio no se detectó su presencia, y en segundo lugar, el modelo está pensado para que considere únicamente las aguas superficiales ya que una modelación de las aguas subterráneas requiere de un mayor nivel de detalle y la incorporación de otras herramientas (Modflow). Asimismo, el tipo de agricultura de los valles en estudio (subsistencia), hace que sea inviable el uso de pozos con fines agrícolas, ya que el método de riego empleado (tendido/inundación) no podría ser satisfecho por pozos pequeños, mientras que los pozos grandes (con bombas de mayor potencia) implican un costo muy elevado para el agricultor de subsistencia.

3. Derechos eventuales. El modelo en sí, no es capaz de diferenciar los derechos permanentes de los eventuales de manera explícita, sin embargo esta acción puede ser realizada mediante un análisis externo de los mismos datos generados por el modelo.

## 10.5. Calibración del Modelo de Simulación Hidrológica

Una vez incorporados todos los elementos topológicos del modelo, se realizaron simulaciones de prueba con el fin de corroborar si los caudales modelados se aproximan de buena manera a los observados en las estaciones ubicadas en los puntos intermedios. Las estaciones que se han seleccionado como base para la calibración son: "Río Salado en Sifón Ayquina", "Río Salado antes de junta con Loa" y "Río Loa en Escorial". Estas estaciones pueden verse en la Figura 10.5-1.

La función objetivo que se maximizó corresponde al coeficiente de Eficiencia Nash-Suctlife (E), el cual indica el grado de ajuste entre los caudales observados y los modelados. Éste corresponde a uno de los indicadores de eficiencia más usados en este tipo de modelos, el cual varía desde $-\infty$ hasta 1, siendo el 1 el ajuste perfecto entre los datos observados y los modelados. Valores sobre 0 ya indican que el modelo es mejor que un comportamiento completamente aleatorio. Se calcula de acuerdo a la Ecuación 10.5-1a:

$$E = 1 - \frac{\sum_{t=1}^{T}(Q_o^t - Q_m^t)^2}{\sum_{t=1}^{T}(Q_o^t - \overline{Q_o})^2} \quad Ecc.10.5-1a$$

Donde *Qo* son los caudales observados, *Qm* son los caudales modelados y el $\overline{Qo}$ es el promedio de los *Qo*. El súper índice t indica el paso de tiempo.

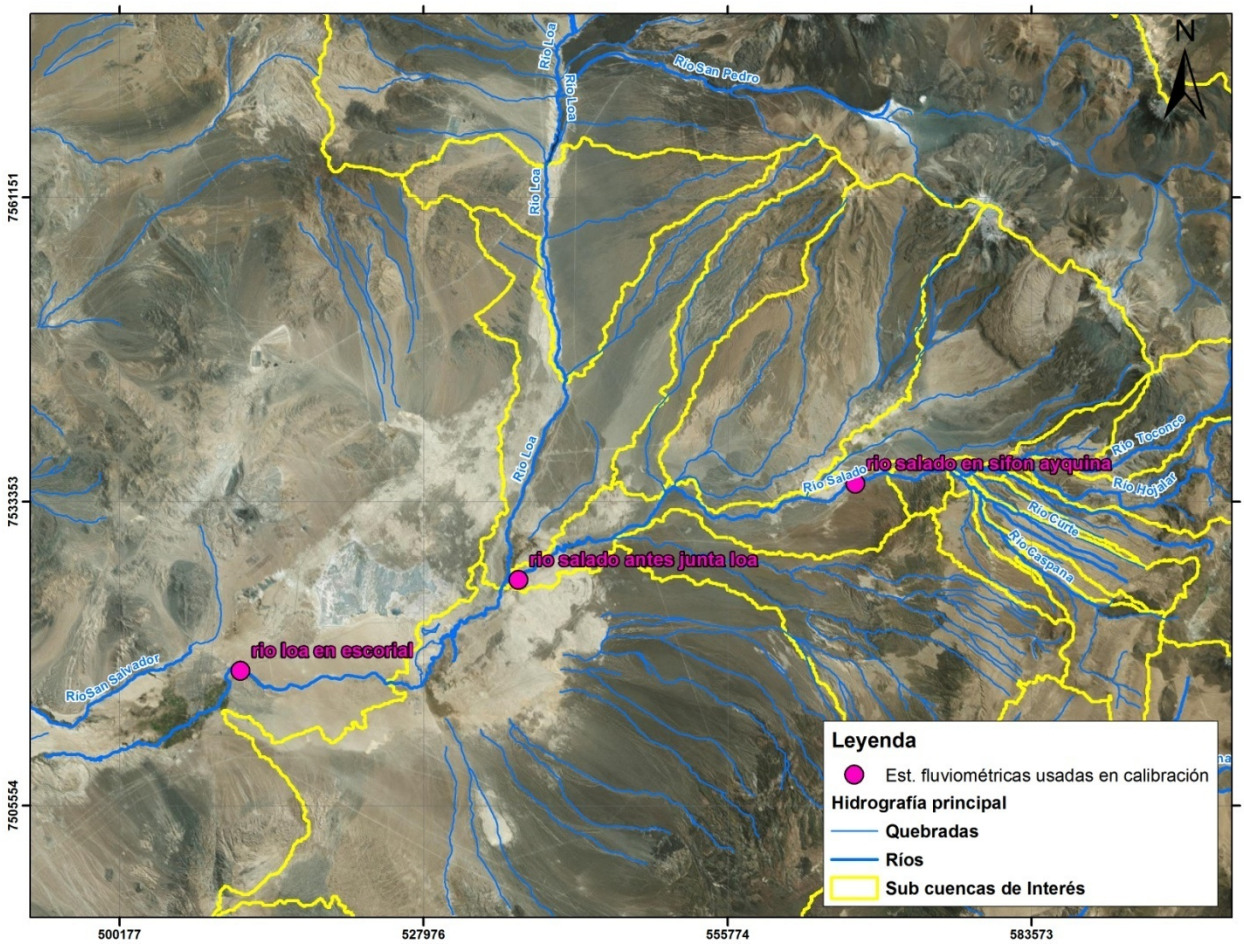



**FIGURA 10.5-1**
**ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS EMPLEADAS EN EL PROCESO DE CALIBRACIÓN**

Fuente: Elaboración propia.

En forma adicional se ha considerado emplear el indicador E modificado para flujos bajos ($E_{fb}$), con el cual se calcula la eficiencia del modelo pero dando mayor relevancia a los caudales bajos y menor relevancia a los caudales altos. Este indicador modificado es especialmente útil cuando la asimetría de los datos (muchos valores bajos y pocos valores altos) produce un sesgo en el proceso de calibración, que es precisamente lo que ocurre en la cuenca de estudio donde se observan flujos bajos relativamente constantes la mayor parte del tiempo y escasos meses con crecidas muy altas. El $E_{fb}$ puede verse en la Ecuación 10.5-1b:

$$E_{fb} = 1 - \frac{\sum_{t=1}^{T}(Ln(Q_o^t) - Ln(Q_m^t))^2}{\sum_{t=1}^{T}(Ln(Q_o^t) - Ln(\overline{Q_o}))^2} \quad Ecc. 10.5 - 1b$$

Este proceso de calibración es el segundo que se realiza puesto que el primero se realizó para generar los caudales de las cuencas de cabecera, es decir, lo que corresponde al

proceso lluvia-escorrentía. Esta segunda fase tiene por objetivo ajustar los procesos de entrada y salida de agua que ocurren en los cursos de agua en los tramos ubicados aguas abajo de los Headflows (caudales de cabecera), que es donde ocurren todas las interacciones relacionadas con los sistemas humanos (extracciones) y las pérdidas o recuperaciones naturales en los cauces.

Los parámetros de calibración utilizados en este caso corresponden a los siguientes.

a) **Precipitación umbral de activación de cauces sin flujo base permanente (*Pu*).** Si bien el modelo GR2M estimó caudales permanentes para todas las subcuencas modeladas, dichos resultados sólo son válidos para aquellas subcuencas que posean efectivamente un flujo base permanente. Dicha condición es válida únicamente para las subcuencas altas del Río Salado y para la cabecera del Río Loa. Las subcuencas que poseen un flujo base permanente son la 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 17, 18 y 19 (siguiendo la nomenclatura que se indica en el Cuadro 10.1-1) Todas las subcuencas restantes (cuencas inactivas) sólo aportan agua cuando ocurren eventos de precipitación de una magnitud determinada, y dicha magnitud corresponde al parámetro *Pu*, a ser calibrado en función de poder maximizar E. Por lo tanto, para efectos de la modelación, todas las cuencas que no presentan flujo base permanente permanecerán aportando un caudal de 0 $m^3/s$ a menos que caiga una precipitación superior a Pu, momento en el cual aportarán el caudal modelado con GR2M, tal como se indica en la Ecuación 10.5-2.

$$Q_{cuenca\ \ inactiva\ _i} = \begin{cases} 0 & Pp_i < Pu \\ Q_{GR2M_i} & Pp_i \geq Pu \end{cases} \quad Ecc.10.5-2$$

Donde $Q_{cuenca\ \ inactiva\ _i}$ es el caudal de la cuenca inactiva i ($m^3/s$), $Q_{GR2M_i}$ es el caudal generado por el modelo GR2M ($m^3/s$) para la subcuenca i y $Pp_i$ es la precipitación que cae en la cuenca i (mm).

b) **Factor de pérdida/recuperación de cauces (*fp*).** Este coeficiente corresponde a un porcentaje de pérdida o ganancia del caudal pasante por un determinado tramo de río y viene a representar procesos difíciles de medir o conocer tales como consumo de agua por parte de la vegetación ribereña natural, evaporación, afloramientos o recuperaciones no consideradas en los procesos extractivos modelados. La Ecuación 10.5-3 muestra la acción de este parámetro. El proceso de infiltración de cauce queda abordado a través de la conexión río acuífero configurada utilizando los factores de pérdida calculados durante la campaña de aforos, por lo cual el parámetro acá calibrado (*fp*) ya

incluye las pérdidas por infiltración además de otras adicionales tales como las antes mencionadas.

$$Q_{final\ i} = Q_{ini\ i} \cdot \left(1 - f_p \cdot L_i\right)\ \ Ecc.10.5-3$$

Donde $Q_{final\ i}$ es el caudal final del tramo i del rio en $m^3/s$ y $Q_{ini\ i}$ es el caudal inicial del mismo tramo i, $f_p$ es el factor de pérdida de cauce expresado en % de pérdida por km de cauce y $L_i$ es la longitud del segmento de cauce en km.

**c) Factor de corrección del caudal generado en cuencas de cabecera (*Fcq*).** Tal como se explicó en el Capítulo 6, los caudales generados por el modelo GR2M fueron obtenidos mediante la transferencia de parámetros desde la cuenca de calibración (controlada por la estación Río Toconce antes de Represa SENDOS) hacia las otras cuencas no controladas. Esta transferencia de parámetros involucra un alto grado de incertidumbre que debe ser minimizado mediante un nuevo proceso de calibración. Este parámetro (Fcq) actúa conjuntamente con el parámetro Pu para minimizar la incertidumbre asociada al proceso de modelación de GR2M. La Ecuación 10.5-4 muestra el efecto de este parámetro.

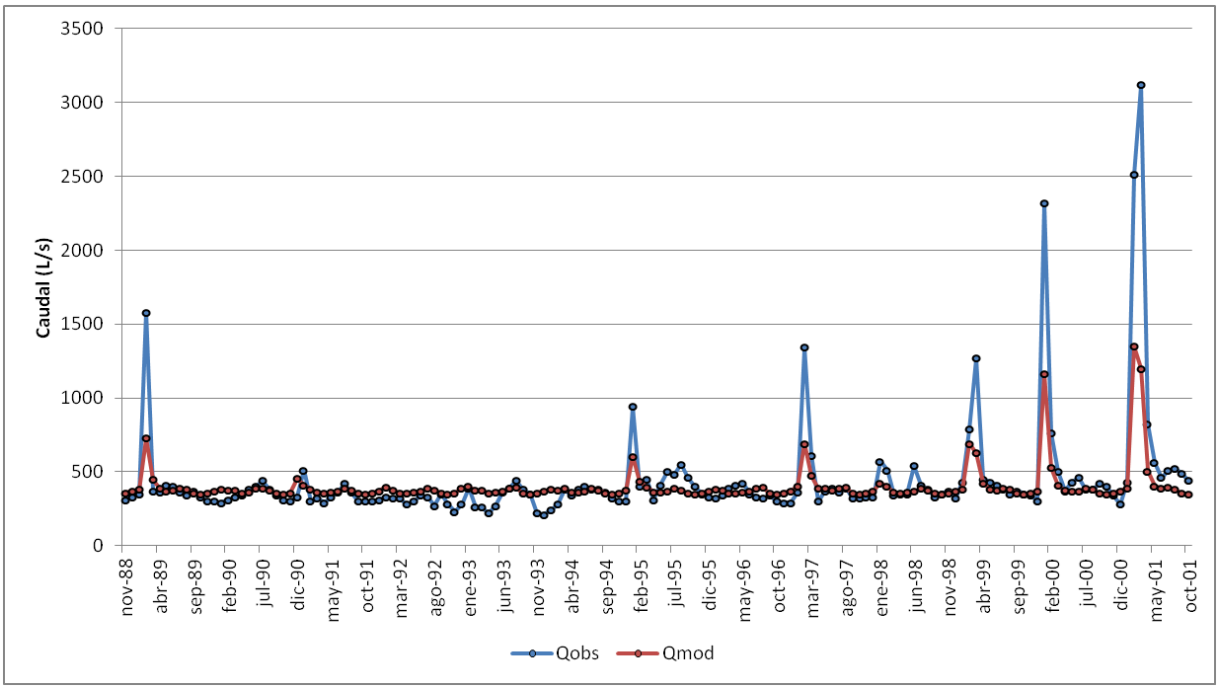
$$Q_{GR2M\ final\ i} = \left(Q_{GR2M\ inicial\ i}\right) \cdot Fcq\ \ Ecc.10.5-4$$

Donde $Q_{GR2M\ final\ i}$ es el caudal resultante tras el segundo proceso de calibración y $Q_{GR2M\ inicial\ i}$ es el caudal original entregado por GR2M en el primer proceso de calibración.

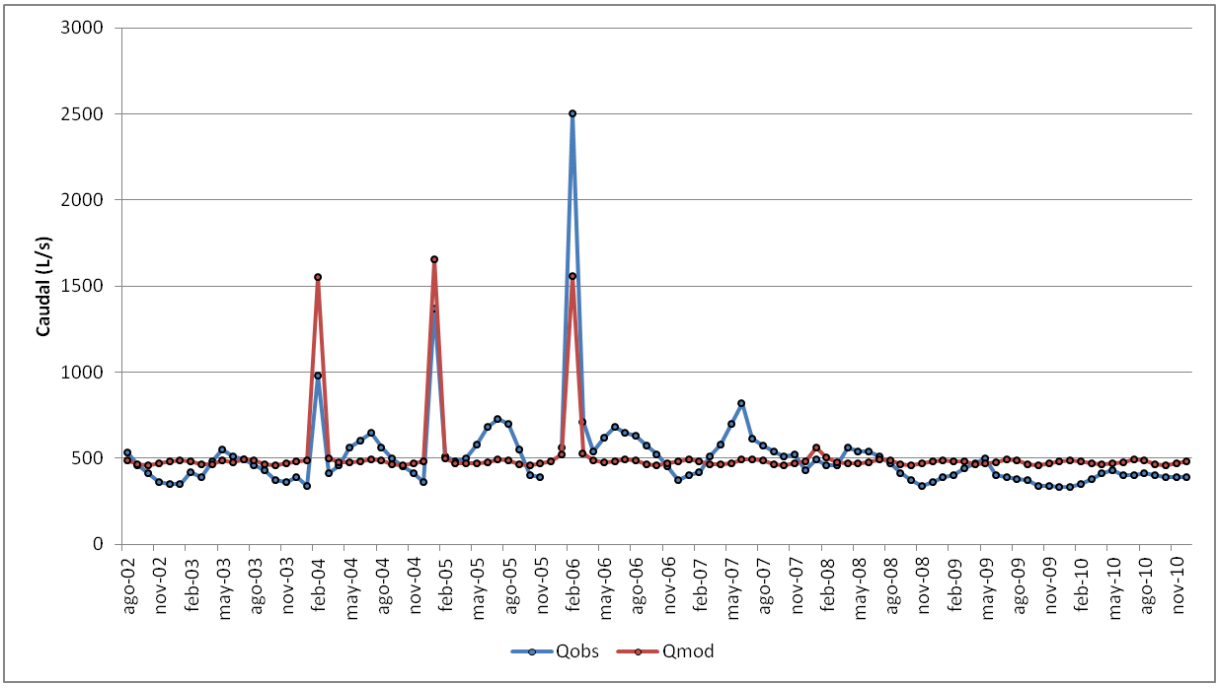
Finalmente, el método de calibración corresponde a una prueba y error sistemática en la cual se realizan “n” simulaciones probando las distintas combinaciones de parámetros en los entornos y densidad que el modelador les asigna y evaluando la función objetivo E y Efb (Ecuaciones 10.1-1a y b) en cada una de las corridas del modelo. Posteriormente se evalúa el universo de simulaciones y se afina el entorno y la precisión de cada parámetro hasta dar con la combinación óptima que maximiza la función objetivo.

En el Gráfico 10.5-1 puede verse la comparación entre los caudales observados y los modelados en los distintos puntos correspondientes a las estaciones fluviométricas antes mencionadas.

En el Cuadro 10.5-1 se resumen los indicadores E y Efb y los períodos empleados para la calibración y el valor resultante de los parámetros.



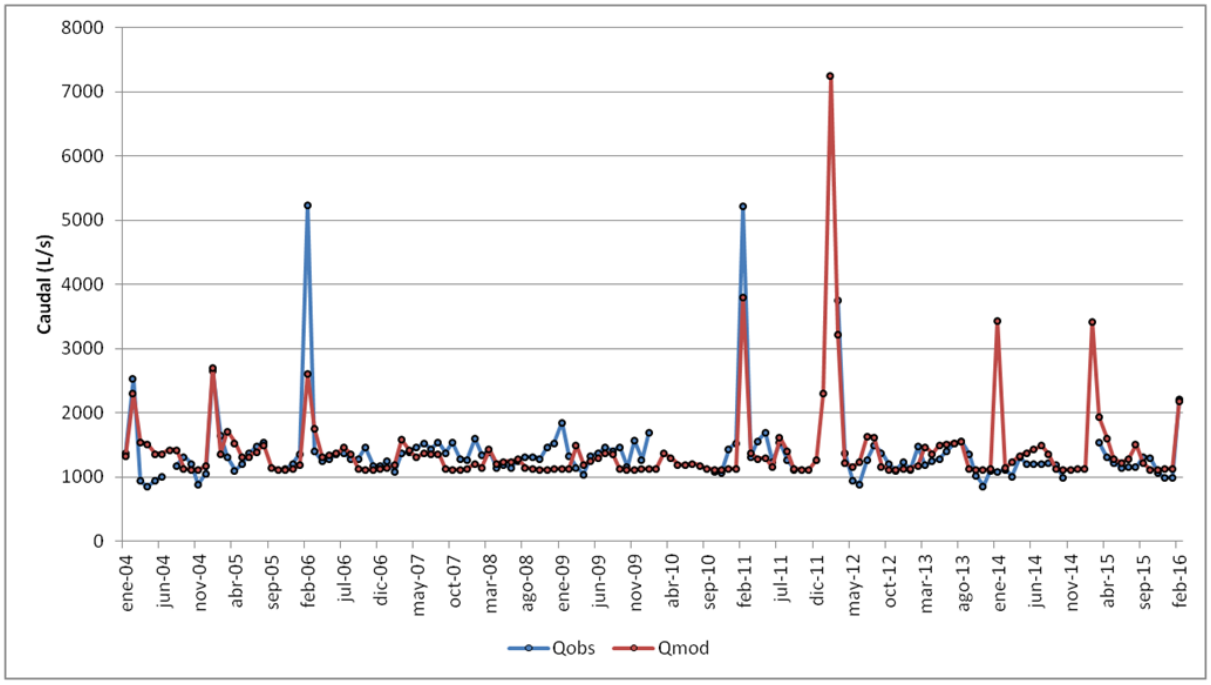

**ESTACIÓN RÍO SALADO EN SIFÓN AYQUINA**




**ESTACIÓN RÍO SALADO ANTES DE JUNTA CON RIO LOA**

**GRÁFICO 10.5-1**
**CAUDALES MENSUALES OBSERVADOS V/S MODELADOS EN**

Fuente: Elaboración propia.




**ESTACIÓN RÍO LOA EN ESCORIAL**

**GRÁFICO 10.5-2**
**CAUDALES MENSUALES OBSERVADOS V/S MODELADOS**

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 10.5-1**
**RESUMEN DE RESULTADOS DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN**

| Punto de Calibración | Período de calibración | E | Efb | Pu (mm) | fp (%/km) | Fc_q |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Salado en Sifón Ayquina** | nov-1988 a oct-2001 | 0,56 | 0,67 | 3 | 2 | 0.3 |
| **Salado antes de junta con Loa** | ago-2002 a dic-2010 | 0,62 | 0,50 | 0; 29 | 0,41 | 0,13; 1,12 |
| **Loa en Escorial** | ene-2004 a feb-2016 | 0,52 | 0,38 | 0; 4 | 0; 0,65 | 0,12 |

Fuente: Elaboración propia.

Como puede verse en el Cuadro 10.5-1, los valores de los indicadores de eficiencia E y Efb, van disminuyendo desde aguas arriba hacia aguas abajo. El comportamiento del Efb comienza con valores bastante satisfactorios en Salado en Sifón Ayquina, llegando a los 0,67, mientras que el E es de 0,56 manteniendo su nivel de aceptable. A medida que se baja en la cuenca los caudales observados ya presentan un mayor nivel de alteración producto de las distintas interacciones que ocurren, es decir, entradas y salidas de agua del sistema incluyendo a aquellas que dependen de las actividades humanas. Todo esto produce un comportamiento de los caudales observados menos predecible y menos sistemático, lo cual comúnmente constituye un elemento de dificultad para poder calibrar de mejor manera los modelos hidrológicos en las zonas intermedias de las cuencas.

Como puede verse, el Efb en la zona media definida por "Salado antes de junta Loa" es de 0,50, lo cual sigue siendo un valor aceptable, sin embargo el E es de 0,62 (satisfactorio). Es necesario mencionar también que los registros fluviométricos de estas estaciones no son los óptimos ya sea en calidad de la información, como en cantidad de datos, puesto que los caudales altos siempre están sujetos a una alta incertidumbre de medición, mientras que por otro lado existen muchos períodos sin información.

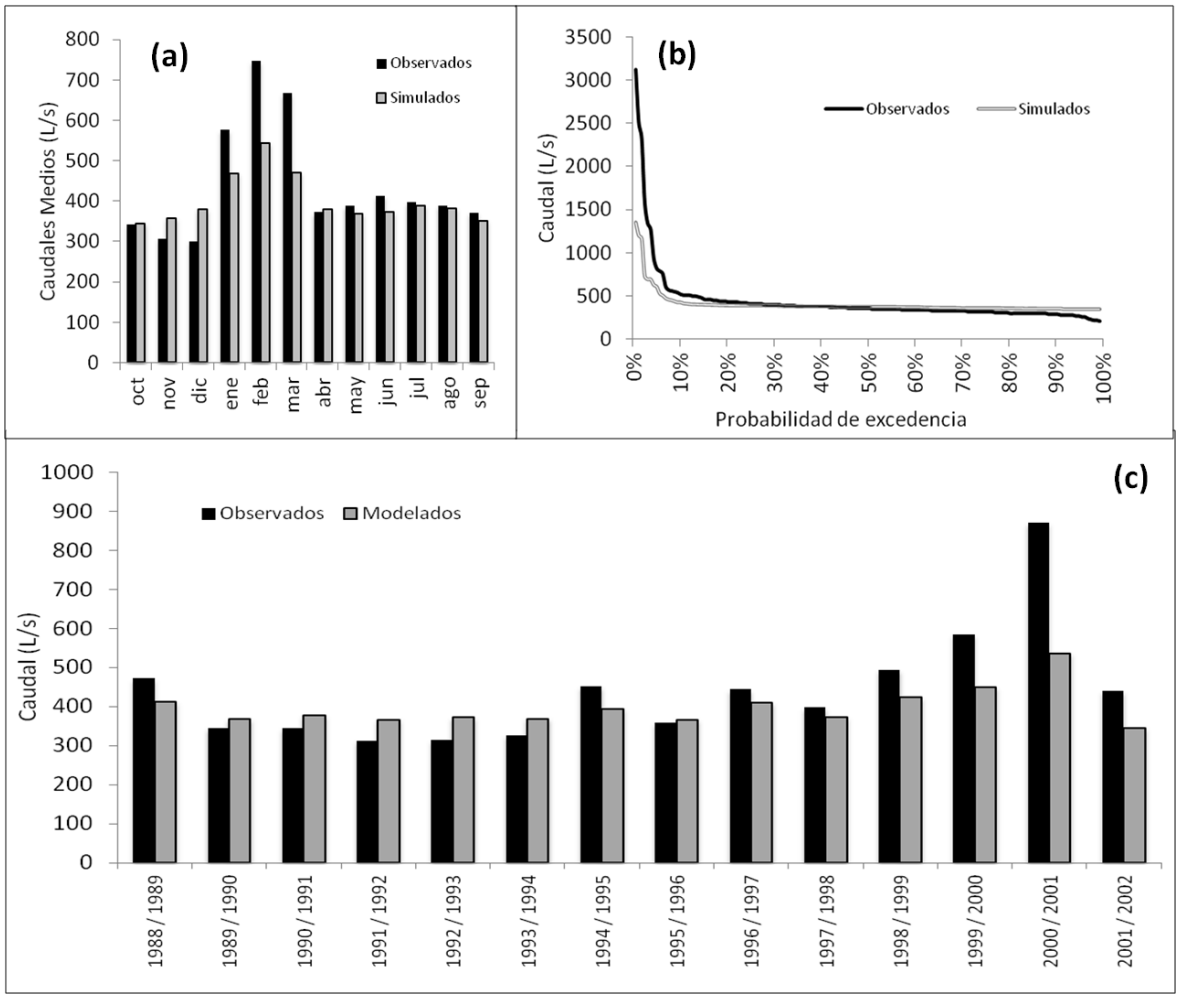
Finalmente, en "Loa en Escorial" se alcanza un Efb de 0,38, explicado fundamentalmente por las grandes diferencias en meses de crecidas, ya que el flujo base queda bien representado. Por su parte el E es de 0,52 lo cual permite no descartar de plano la calibración en este punto. Tal como puede observarse en el Gráfico 10.1-2, la estadística observada posee un comportamiento bastante errático (el más irregular de las 3 estaciones empleadas) incluso en los meses sin crecidas, haciendo de ella una información menos confiable. Dado lo anterior se concluye que, siendo éste un modelo pensado principalmente para abordar el tema de disponibilidad hídrica y calidad de aguas (y no un modelo de crecidas), que los datos pluviométricos y fluviométricos disponibles en el área de estudio son de baja calidad y cantidad, y que no obstante ello, los órdenes de magnitud de los caudales modelados se ajustan satisfactoriamente para el flujo base en todos los puntos evaluados, el modelo cumple satisfactoriamente con los objetivos planteados por el presente estudio, por lo cual es utilizable para la modelación y posterior evaluación de los escenarios que han sido planteados.

Con el fin de reafirmar lo antes expuesto, se muestra el Gráfico 10.5-3 con la comparación de las curvas de caudales modelados v/s observados en los 3 puntos de calibración, para los promedios mensuales, promedios anuales y curva de duración. Por su parte, el Cuadro 10.5-2 muestra los coeficientes E para cada caso.

**CUADRO 10.5-2**
**COEFICIENTE E (NASH-SUTCLIFFE) PARA DISTINTOS TIPOS DE AJUSTE**

| | Salado en Sifón Ayquina | Salado antes Junta con Loa | Loa en Escorial |
|---|---|---|---|
| **C.D. Mensual** | 0,58 | 0,69 | 0,93 |
| **Ajuste mensual** | 0,55 | 0,48 | 0,86 |
| **Ajuste anual** | 0,42 | 0,51 | 0,50 |

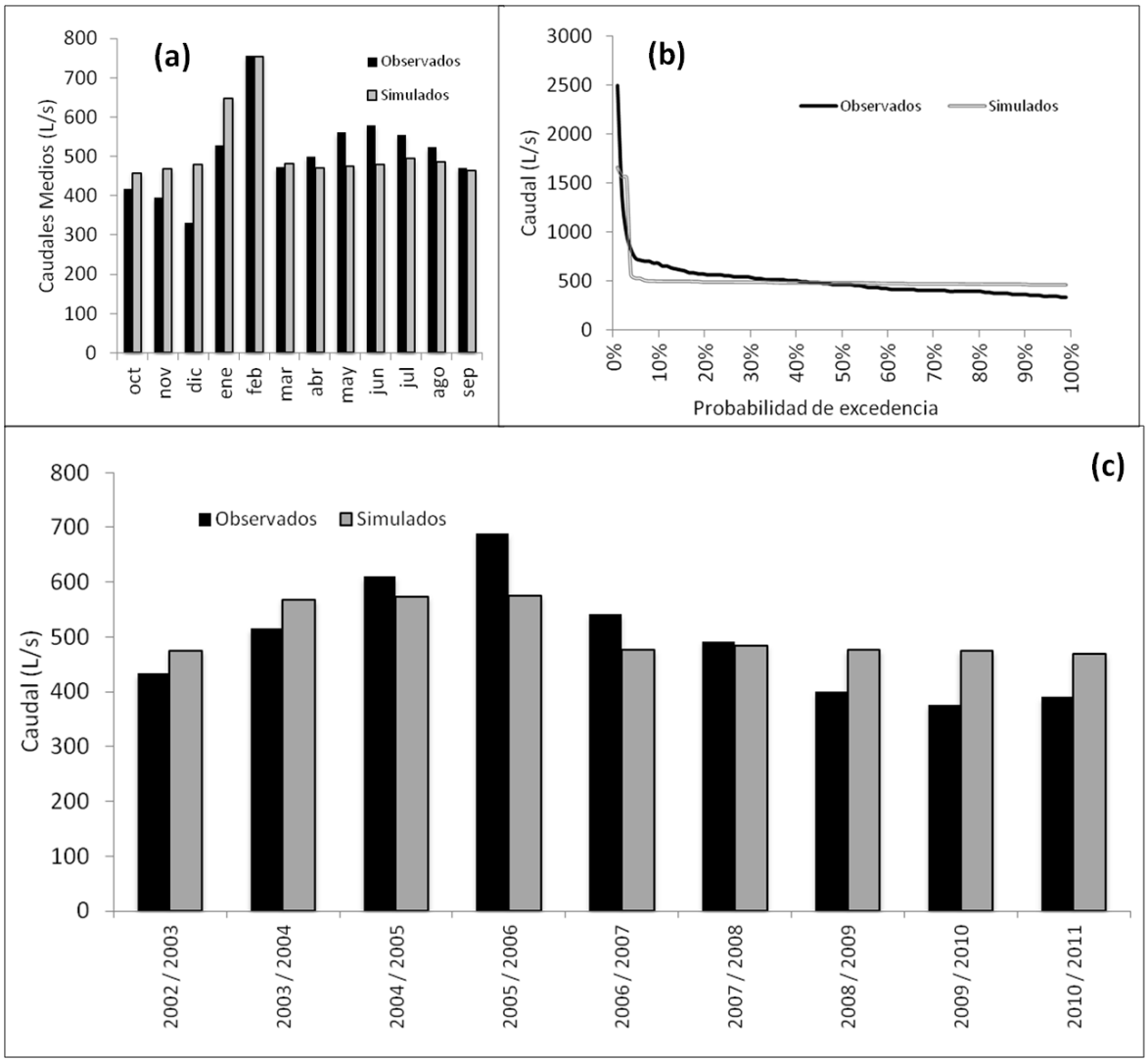
Fuente: Elaboración propia.




**RÍO SALADO EN SIFÓN AYQUINA**

**GRÁFICO 10.5-3**
**COMPARACIÓN DE CAUDALES OBSERVADOS V/S MODELADOS PROMEDIOS MENSUALES (A), CURVA DE DURACIÓN (B), PROMEDIOS ANUALES (C)**

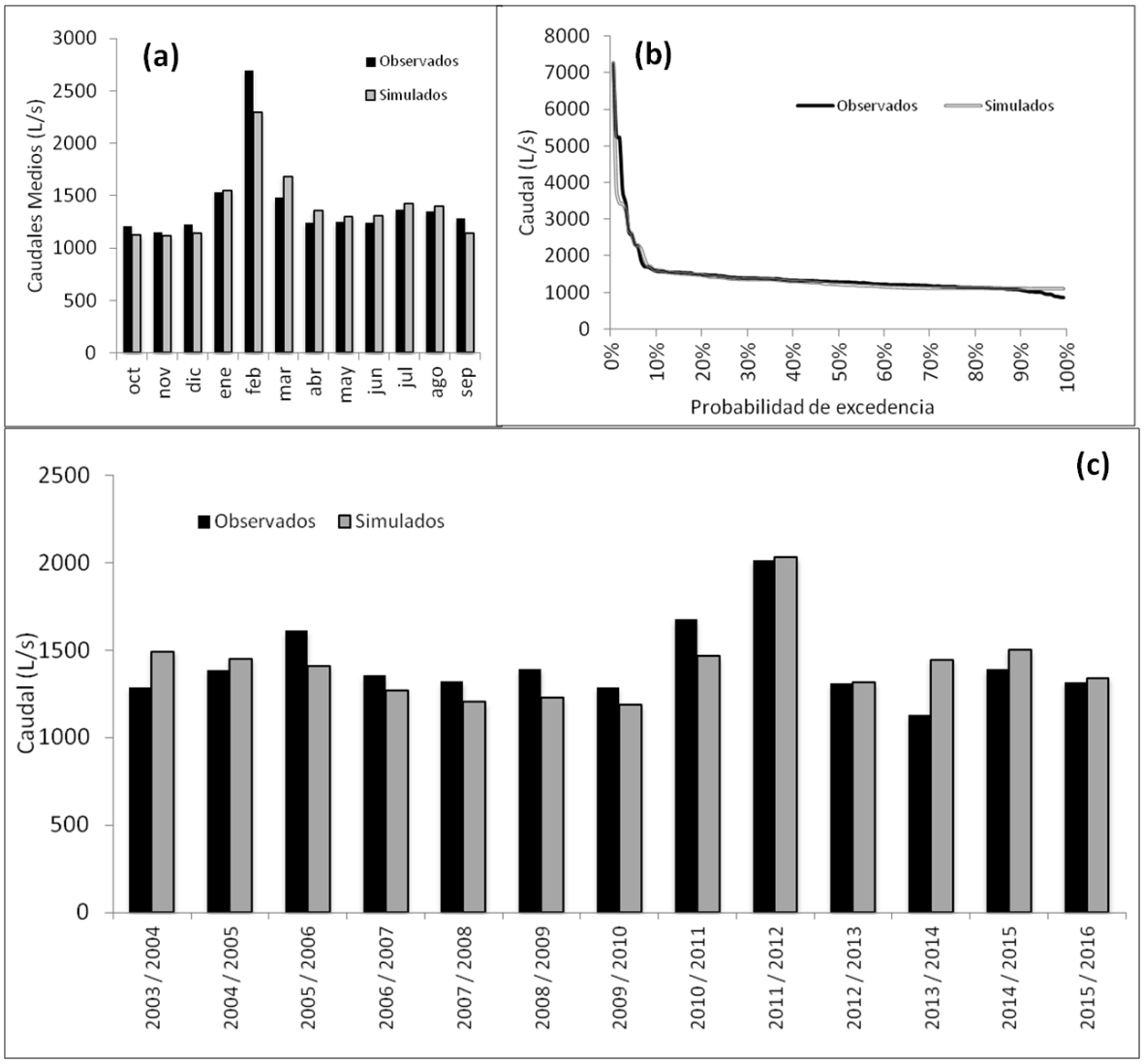
Fuente: Elaboración propia.




**RÍO SALADO ANTES DE JUNTA CON RÍO LOA**

**GRÁFICO 10.5-4**
**COMPARACIÓN DE CAUDALES OBSERVADOS V/S MODELADOS**
**PROMEDIOS MENSUALES (A), CURVA DE DURACIÓN (B), PROMEDIOS ANUALES (C)**

Fuente: Elaboración propia.




**RÍO LOA EN ESCORIAL**

**GRÁFICO 10.5-5**
**COMPARACIÓN DE CAUDALES OBSERVADOS V/S MODELADOS**
**PROMEDIOS MENSUALES (A), CURVA DE DURACIÓN (B), PROMEDIOS ANUALES (C)**

Fuente: Elaboración propia.

Como puede verse, tanto el Gráfico 10.1-3 como el Cuadro 10.1-2 muestran ajustes razonables en los distintos tipos de ajustes para cada punto de calibración. En el caso de Salado en Sifón Ayquina, puede verse un ajuste razonable en todos los meses salvo en verano (de enero a marzo), producto de los eventos extremos cuya magnitud no es factible de ser modelada en el presente modelo. Algo similar ocurre con la curva de duración, la cual se desacopla para caudales altos sin embargo para aquellos caudales que se superan la mayor parte del tiempo presenta un buen ajuste. En el caso de los promedios anuales, puede verse que sólo el 2001/02 se escapa llamativamente el caudal observado respecto del modelado. Por su parte, los coeficientes E (Cuadro 10.1-2) en cada caso son sobre los 0,5 excepto en el ajuste

anual, pero explicado básicamente por los eventos extremos del 2001/02, que por su anomalía y magnitud es perfectamente razonable si no queda bien modelado. Dado lo anterior este punto de calibración se puede validar.

El segundo punto de calibración, Salado antes de junta con Loa, presenta un muy buen ajuste visual en la curva mensual, sin embargo su coeficiente E es levemente más bajo que 0,5. El ajuste anual por su parte también es aceptable tanto en el análisis visual como en su coeficiente E. La curva de duración presenta un desacople para los caudales altos y bajos, no obstante, para aquellos que se superan el 70% del tiempo posee un buen ajuste, con un coeficiente E de 0,69.

El tercer y último punto de calibración, Loa en Escorial, es el de mejores resultados gráficos y respecto de su eficiencia, no habiendo ningún punto desacople en las curvas que llame particularmente la atención. Por su parte, todos los coeficientes E están por sobre el 0,5, destacándose la curva de duración mensual con un E de 0,93.

Ya habiendo analizado en detalle los distintos ajustes en los 3 puntos de calibración, puede nuevamente concluirse que el modelo presenta resultados satisfactorios, por lo que es perfectamente utilizable para los fines del presente estudio.

El respaldo digital de este modelo WEAP puede verse en el Anexo 10-1. Los datos de respaldo de los caudales resultantes en todos los puntos de calibración pueden verse en el Anexo 10-2.

## 10.6. Calibración del Modelo de Calidad de Aguas en Situación Actual

### 10.6.1. Enfoque Adoptado

El componente de Calidad de Aguas ha sido modelado directamente en WEAP a través de las herramientas especializadas que la plataforma trae incorporadas. El modelo recibe como input, los valores de calidad de aguas en las cabeceras de los cauces, para los distintos parámetros a modelar. Los valores de cada parámetro pueden ser ingresados en forma de valores estáticos, promedios mensuales o serie de tiempo completa. Para efectos del presente estudio, se dispone de dos fuentes fundamentales con información de calidad de aguas:

- Muestreos históricos realizados por la DGA
- Muestreo realizado por el presente estudio

La Figura 10.6.1-1 muestra la ubicación de los puntos de muestreo y de las estaciones de la DGA analizadas en calidad de aguas.

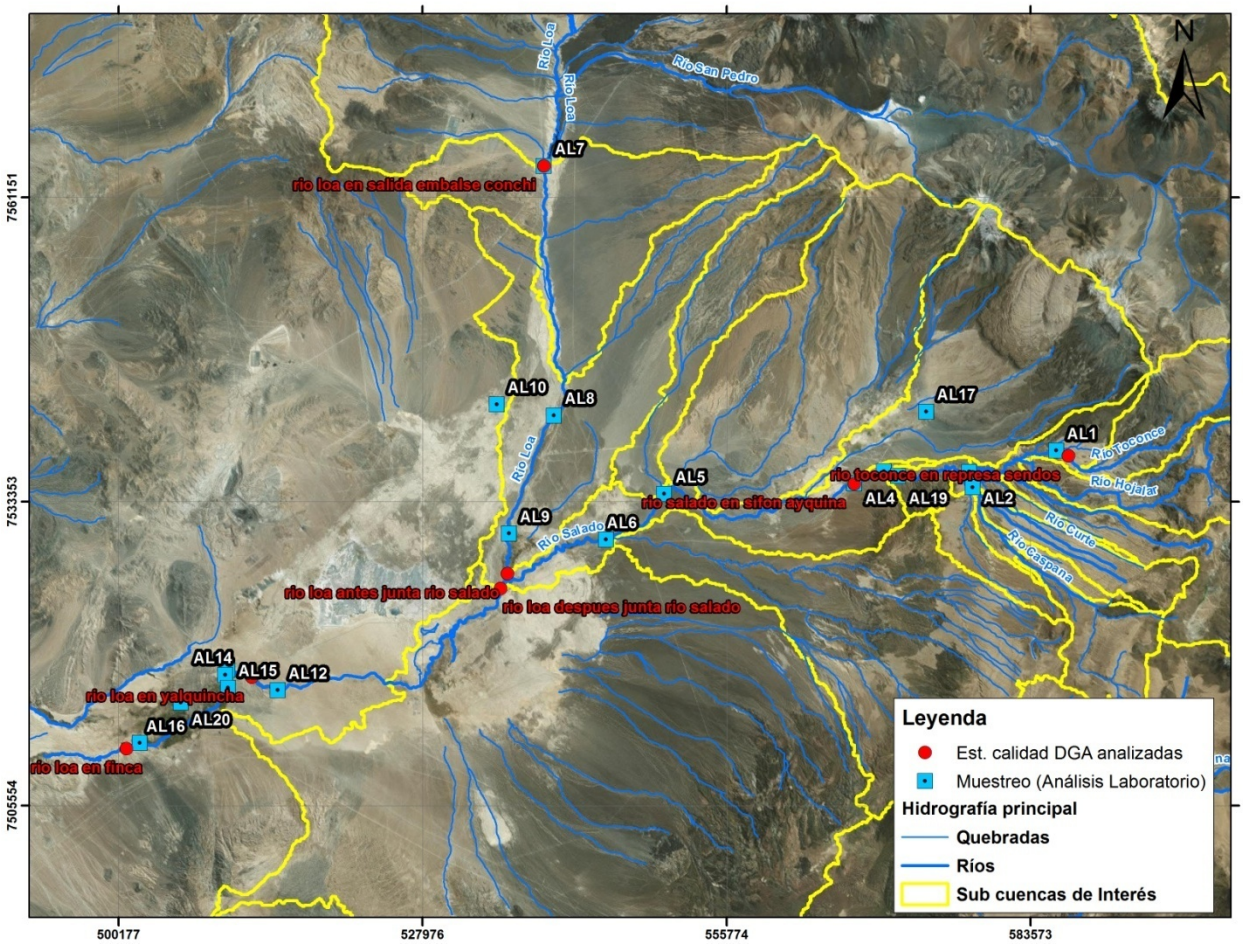



**FIGURA 10.6.1-1**
**ESTACIONES DGA Y PUNTOS DE MUESTREO DE CALIDAD DE AGUAS EMPLEADAS EN EL PRESENTE ESTUDIO**

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el diagnóstico de calidad de aguas y suelos, los parámetros más relevantes de modelar corresponden a los siguientes:

- Arsénico
- Boro
- Cloruros
- Conductividad Eléctrica

El criterio adoptado para ingresar los datos de calidad de aguas al modelo corresponde a dar preferencia a aquella fuente de información que constituya una mayor

representatividad temporal, lo que en este caso corresponde a los datos de la DGA. Tal como se observa en la Figura 10.6-1, existen 2 estaciones de cabecera del área de estudio, una en el río Loa que corresponde a "Río Loa en salida Embalse Conchi" y por el lado del río Salado, se tiene una estación alta en el río Toconce (afluente del Salado), denominada "Río Toconce en Represa Sendos". En estos dos puntos se ingresan los valores representativos de los parámetros modelados de acuerdo a los muestreos históricos de la DGA. Si bien la serie temporal de datos está bastante incompleta, es suficiente como para ingresar los promedios mensuales de los distintos parámetros. Para aquellos afluentes que no poseen estación DGA, se ingresaron los datos correspondientes a los muestreos como valor constante (ya que sólo se dispone de una campaña). Ya habiendo ingresado los datos de calidad de aguas en las cabeceras de los ríos, el modelo posteriormente modela el comportamiento de cada parámetro a lo largo de los cauces mes a mes.

Los parámetros de interés, han sido modelados como contaminantes conservativos (a excepción del Arsénico; ver detalle en Acápite 10.6.2). Esto quiere decir que se adopta como supuesto, el hecho de que no existe interacción ni reacciones químicas entre los parámetros modelados y el medio geológico u otras sustancias contenidas en el agua. Es común que los contaminantes de tipo inorgánico presenten un comportamiento conservativo y que no decaen en el tiempo-espacio, siendo afectados únicamente por la dilución o concentración producto de otros aportes, es decir, por la ecuación de balance de masas. Se opta por adoptar este supuesto ya que éste constituye un enfoque conservador en todos aquellos parámetros que se modelen por esta vía, ya que las concentraciones resultantes serán más altas a que si se modelaran con tasas de decaimiento. Lo anterior permite realizar análisis y tomar decisiones en base a la situación más desfavorable, dejando un margen de acción conservador que siempre resulta recomendable.

La fórmula del balance de masas puede verse en las Ecuaciones 10.6.1-1 a 10.6.1-4.

$$\dot{m} = Q_i \cdot C_i \qquad \text{Ecc. 10.6.1-1}$$

Donde $\dot{m}$ es el flujo másico de un contaminante en mg/s, $Q_i$ es el caudal del cauce i en L/s y $C_i$ es la concentración de un contaminante en mg/L. Siguiendo esta lógica, cuando dos o más cauces se unen, sus flujos másicos se suman, al igual que sus caudales de acuerdo a las Ecuaciones 10.6.1-2 y 10.6.1-3.

$$\dot{m}_{final} = \sum \dot{m}_i \qquad \text{Ecc. 10.6.1-2}$$

$$Q_{final} = \sum Q_i \qquad \text{Ecc. 10.6.1-3}$$

Finalmente, la concentración resultante de la unión de dos o más cauces, se calcula a partir del $\dot{m}_{final}$ y el $Q_{final}$ de acuerdo a la Ecuación 10.6.1-4.

$$C_{final} = \frac{\dot{m}_{final}}{Q_{final}}$$ Ecc. 10.6.1-4

Existen por otro lado los contaminantes no conservativos, que serían aquellos que sí entran en interacción y reacciones químicas con el medio geológico o con otras sustancias contenidas en el agua. Para el caso del presente estudio, únicamente el Arsénico fue modelado como no conservativo, ya que la modelación conservativa no dio resultados, debido a fuertes decaimientos entre distintos puntos del río que no eran capaces de ser representados por el modelo, si es que se consideraba como conservativo. La fórmula de decaimiento de primer orden implementada en la presente modelación se ve en la Ecuación 10.6.1-5.

$$\sum Q_i \cdot C_i + \sum V \cdot r_k = Q_{final} \cdot C_{final}$$ Ecc. 10.6.1-5

Donde V es el volumen de control (habitualmente Volumen unitario), en L, y $r_k$ es la tasa de decaimiento (comúnmente negativa) en mg/L/día.

Los puntos de calibración usados para los parámetros de calidad de aguas corresponden a 3 estaciones de la DGA: "Río Salado en Sifón Ayquina", "Río Loa antes de junta con Salado" y "Río Loa en Yalquincha". Dichas estaciones pueden verse en la Figura 10.6.1-1.

El proceso de calibración se llevó a cabo ajustando las concentraciones de los aportes intermedios de aquellos puntos cuya concentración no se conoce, de modo tal poder reproducir aguas abajo (en la estación de calibración) un comportamiento modelado similar al observado. Los criterios de calibración en este caso fueron 2:

1. Promedio anual de las concentraciones modeladas v/s las observadas. Esto implica acercar lo más posible el promedio de los valores modelados al promedio de los observados.

2. Variación mensual de las concentraciones modeladas v/s las observadas. Esto es equivalente al primer criterio, pero a nivel de promedios mensuales.

A continuación se exponen los resultados de la modelación de los distintos parámetros.

### 10.6.2. Arsénico

Tal como se indicó en el Acápite 10.6.1, el Arsénico fue el único contaminante que se modeló empleando la condición de "no conservativo", es decir, que se adopta como supuesto que este elemento sufre algún tipo de reacción química o degradación. Esta decisión fue adoptada luego de intentar sin éxito, calibrar este elemento considerando la condición "conservativo".

Los resultados de la calibración del Arsénico, pueden verse en el Gráfico 10.6.2-1 para los 3 puntos de calibración, mientras que el Cuadro 10.6.2-1 resume los promedios de las series observadas v/s las modeladas en los distintos puntos. Particularmente el Gráfico 10.6.2-1 muestra el mejor resultado de la mejor modelación conservativa junto al mejor resultado de la no conservativa, con el fin de demostrar la necesidad de modelar con esta condición. Como puede verse, la modelación conservativa del Arsénico queda muy alejada de la curva de valores observados, sin poder seguir forzando el modelo dentro de sus límites físicos, lo cual permite intuir que necesariamente deben existir reacciones químicas que explican el decaimiento observado. La tasa de decaimiento ($r_k$) obtenida mediante calibración corresponde a 1,5 mg/L/día. Una vez descartada la modelación conservativa, para el resto de los puntos de calibración ubicados aguas abajo, se intentó directamente la modelación no conservtiva ya que la calibración del punto superior sólo fue exitosa mediante esta condición, y el modelo sólo admite un tipo de modelación por parámetro.

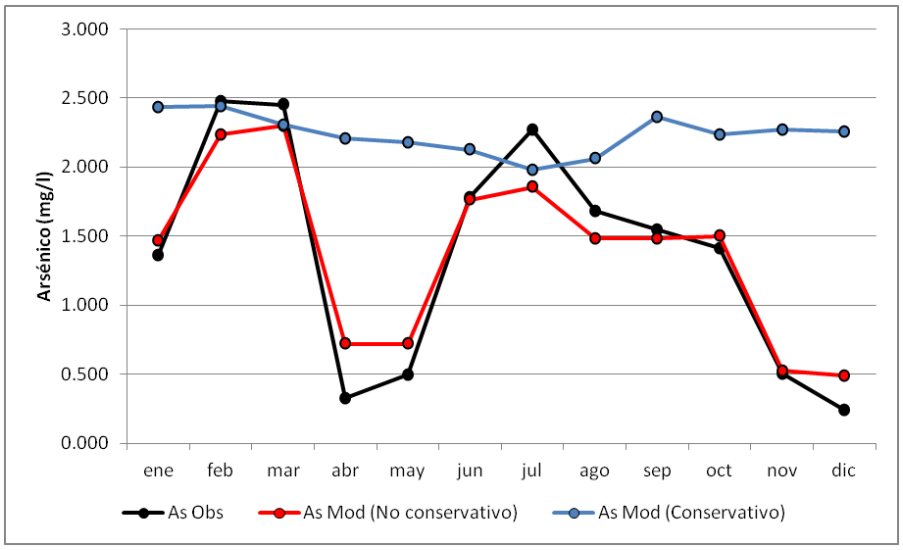
**CUADRO 10.6.2-1**
**CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE ARSÉNICO OBSERVADO V/S MODELADO**

| Punto de Calibración | Prom. Obs (mg/L) | Prom. Mod (mg/L) | Diferencia (mg/L) | Error (%) |
|---|---|---|---|---|
| **Río Salado en Sifón Ayquina (conservativo) (*)** | 1,380 | 2,239 | 0,860 | 38,39 |
| **Río Salado en Sifón Ayquina (no conservativo)** | 1,380 | 1,379 | 0,001 | 0,04 |
| **Río Loa antes junta con Salado (no conservativo)** | 0,330 | 0,326 | 0,004 | 1,27 |
| **Río Loa en Yalquincha (no conservativo)** | 1,021 | 0,987 | 0,03 | 3,42 |

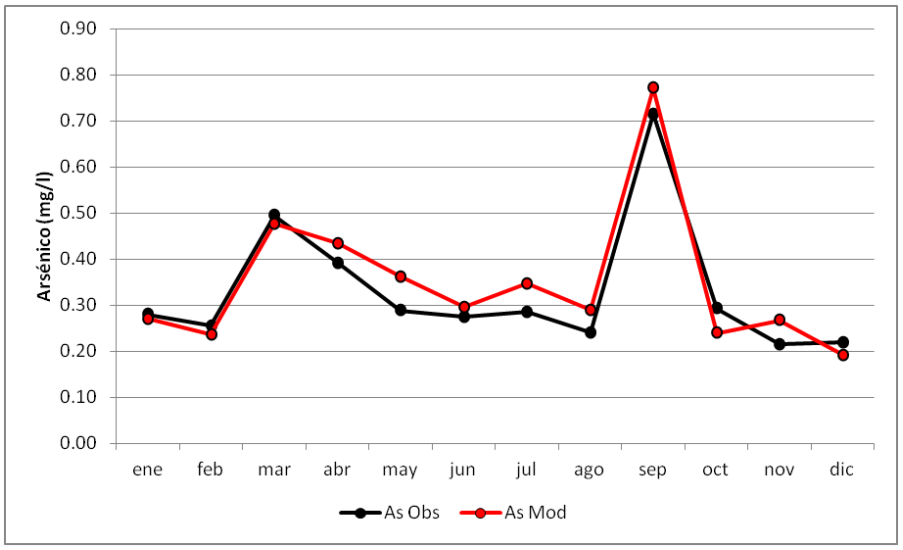
(*) Esta fila se muestra, únicamente a modo de demostración, ya que dichos valores no fueron adoptados.

Fuente: Elaboración propia.

Como puede verse en los Gráficos 10.6.2-1 al 10.6.2-3, las concentraciones observadas poseen una variación estacional marcada en algunos puntos, la cual se asocia principalmente a las variaciones mensuales del mismo parámetro en los puntos de cabecera, y al comportamiento mensual de los caudales, los cuales a su vez están afectados por las extracciones de riego y agua potable. Existen algunos meses en que se producen fuertes aumentos o fuertes descensos. Los aumentos de concentración vienen dados por meses en que bajan los caudales y por lo tanto suben las concentraciones. Por el contrario, las fuertes bajas en las concentraciones pueden venir dadas frente aumentos de caudal que diluyen al parámetro haciendo que baje su concentración. Este aspecto es válido para todos los parámetros modelados.



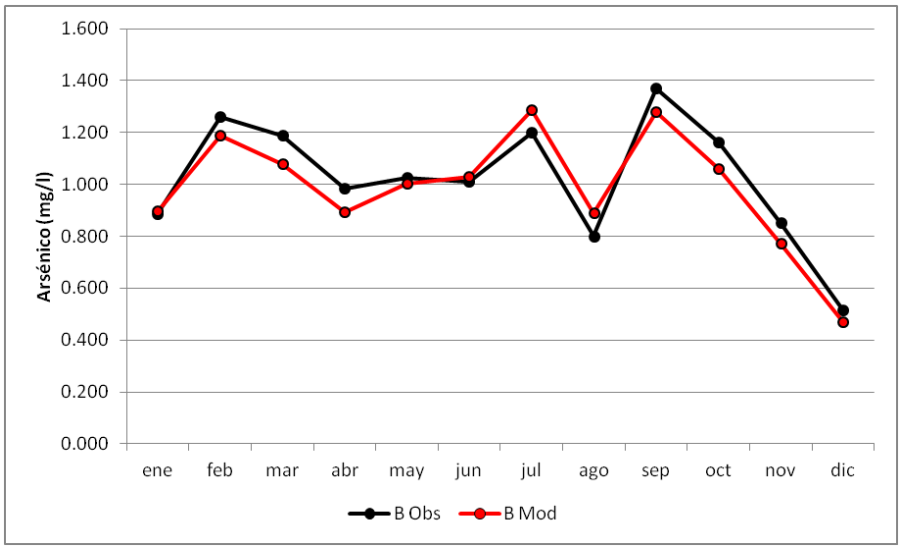

**ESTACIÓN SALADO EN SIFÓN AYQUINA**




**ESTACIÓN LOA ANTES DE JUNTA CON SALADO**

**GRÁFICO 10.6.2-1**
**COMPARACIÓN DE CONCENTRACIONES PROMEDIOS MENSUALES DE ARSÉNICO MODELADAS V/S OBSERVADAS**

Fuente: Elaboración propia.




**ESTACIÓN LOA EN YALQUINCHA**

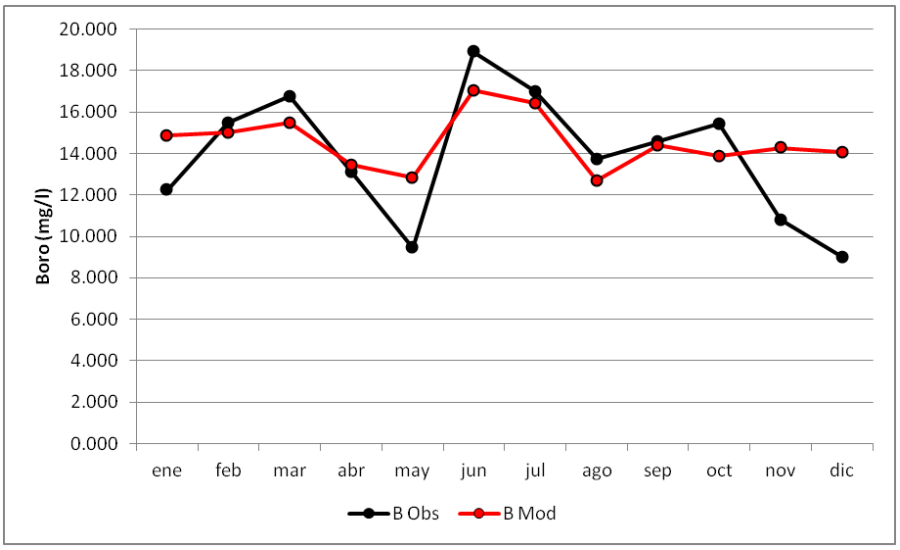
**GRÁFICO 10.6.2-1**
**COMPARACIÓN DE CONCENTRACIONES PROMEDIOS MENSUALES DE ARSÉNICO MODELADAS V/S OBSERVADAS**

Fuente: Elaboración propia.

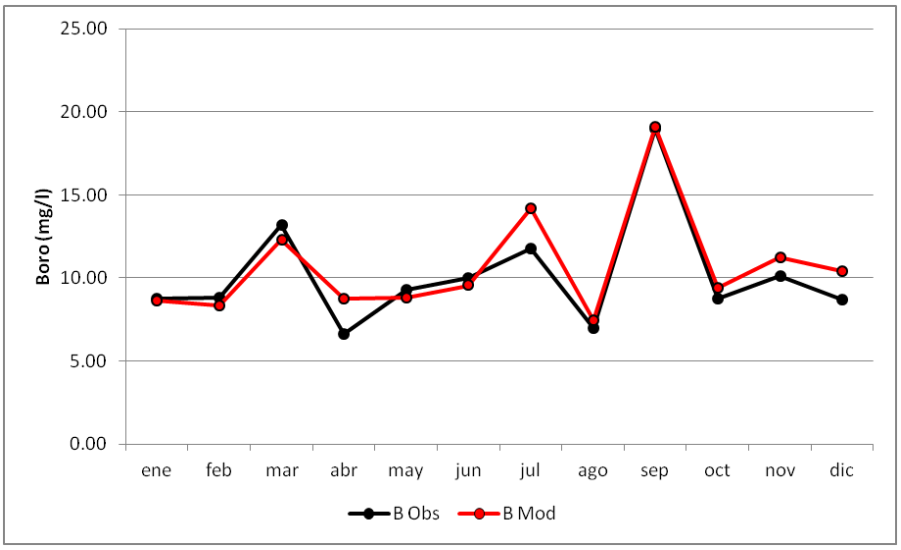
Si se analiza la calidad de la calibración en cuanto al comportamiento mensual, puede notarse que, en los tres puntos de calibración, "Salado en sifón Ayquina", "Loa antes junto con Salado", y "Loa en Yalquincha", las curvas se ajustan de manera satisfactoria representando bien las alzas y las bajas mensuales. De acuerdo con el Cuadro 10.6.2-1, el error en los promedios generales es menor al 3,5% en los 3 puntos de calibración, para los valores finalmente adoptados (modelación no conservativa).

### 10.6.3. Boro

Los resultados de la calibración del Boro, pueden verse en el Gráfico 10.6.3-1 para los 3 puntos de calibración, mientras que el Cuadro 10.6.3-1 resume los promedios de las series observadas v/s las modeladas en los distintos puntos.



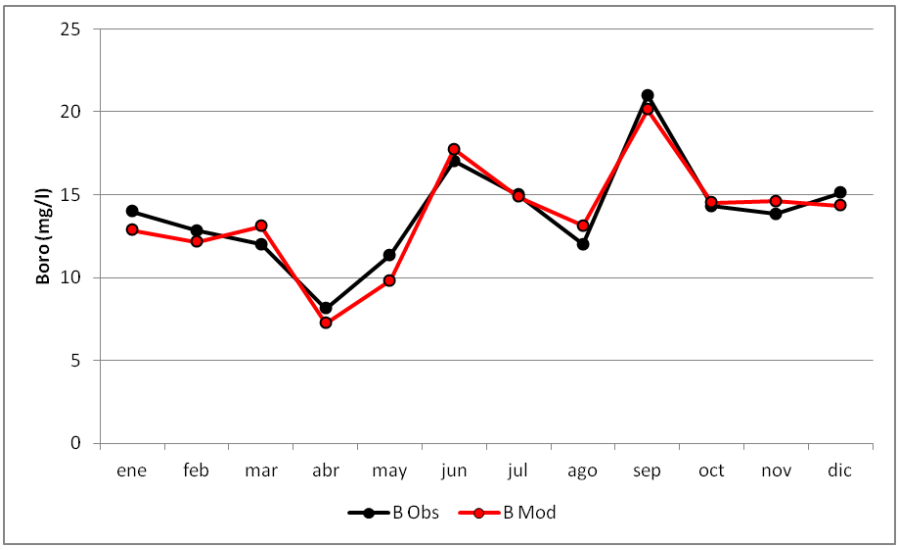

**ESTACIÓN SALADO EN SIFÓN AYQUINA**




**ESTACIÓN LOA ANTES DE JUNTA CON SALADO**

**GRÁFICO 10.6.3-1**
**COMPARACIÓN DE CONCENTRACIONES PROMEDIOS MENSUALES DE BORO MODELADAS V/S OBSERVADAS EN**

Fuente: Elaboración propia.




**ESTACIÓN LOA EN YALQUINCHA**

**GRÁFICO 10.6.3-1**
**COMPARACIÓN DE CONCENTRACIONES PROMEDIOS MENSUALES DE BORO MODELADAS V/S OBSERVADAS EN**

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 10.6.2-1**
**CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE BORO OBSERVADO V/S MODELADO**

| Punto de Calibración | Prom. Obs (mg/L) | Prom. Mod (mg/L) | Diferencia (mg/L) | Error (%) |
|---|---|---|---|---|
| **Río Salado en Sifón Ayquina** | 13,87 | 14,53 | 0,658 | 4,53 |
| **Río Loa antes junta con Salado** | 10,16 | 10,15 | 0,01 | 0,08 |
| **Río Loa en Yalquincha** | 13,89 | 13,71 | 0,18 | 1,26 |

Fuente: Elaboración propia.

Si se analiza la calidad de la calibración en cuanto al comportamiento mensual, puede notarse que, en los tres puntos de calibración, “Salado en sifón Ayquina”, “Loa antes junto con Salado”, y “Loa en Yalquincha”, las curvas se ajustan de manera satisfactoria representando bien las alzas y las bajas mensuales. De acuerdo con el Cuadro 10.6.2-1, el error en los promedios generales es menor al 5% en los 3 puntos de calibración.

## 10.6.4. Cloruros

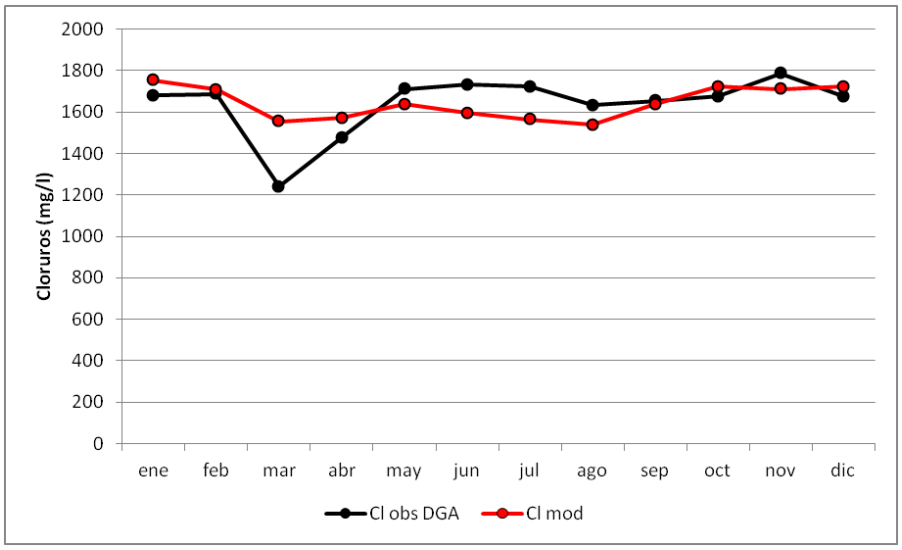
Los resultados de la calibración de los Cloruros, pueden verse en el Gráfico 10.6.4-1 para los 3 puntos de calibración, mientras que el Cuadro 10.6.4-1 resume los promedios de las series observadas v/s las modeladas en los distintos puntos.

**CUADRO 10.6.4-1**
**CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE CLORUROS OBSERVADOS V/S MODELADOS**

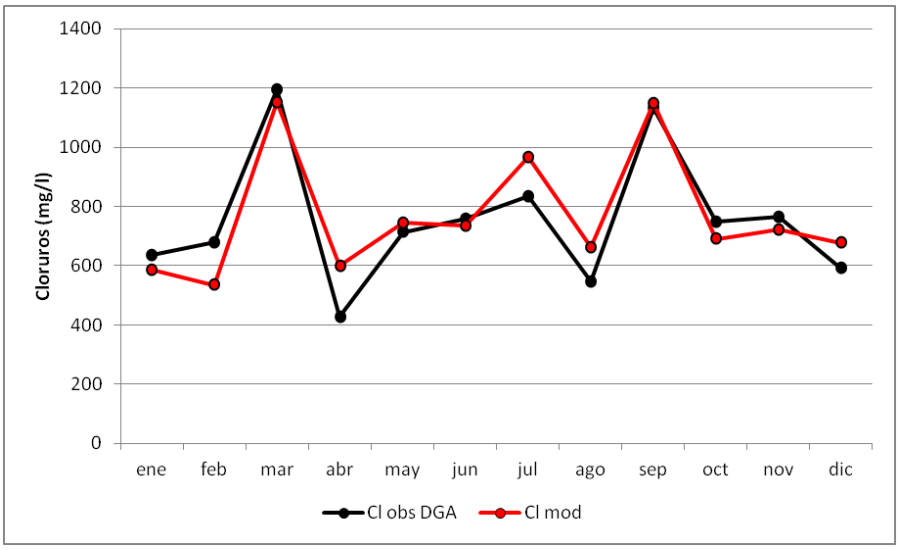
| Punto de Calibración | Prom. Obs (mg/L) | Prom. Mod (mg/L) | Diferencia (mg/L) | Error (%) |
|---|---|---|---|---|
| **Río Salado en Sifón Ayquina** | 1639 | 1643 | 4 | 0,23 |
| **Río Loa antes junta con Salado** | 752 | 748 | 4 | 0,58 |
| **Río Loa en Yalquincha** | 1828 | 1833 | 5 | 0,3 |

Fuente: Elaboración propia.

Si se analiza la calidad de la calibración en cuanto al comportamiento mensual, puede notarse que, en los tres puntos de calibración, “Salado en sifón Ayquina”, “Loa antes junto con Salado”, y “Loa en Yalquincha”, las curvas se ajustan de manera satisfactoria representando bien las alzas y las bajas mensuales. En el caso particular del Gráfico 10.6.4-1, se observa una baja en las concentraciones observadas de marzo que se aleja de la curva de las concentraciones modeladas. Esto se debe a que las concentraciones dependen directamente de los caudales, sin embargo, los caudales observados de marzo corresponden a caudales de crecida en algunos años, los cuales no son bien representados por el modelo hidrológico, el cual subestima las crecidas (ver Gráfico 10.1-2). Esto implica que el caudal medio modelado de marzo es más bajo que el caudal medio observado de marzo, y por consiguiente, la concentración modelada para marzo, en este caso es más baja que la concentración observada para el mismo mes. No obstante, esto no constituye una deficiencia relevante, ya que de acuerdo con el Cuadro 10.6.4-1, el error en los promedios generales es menor al 0,6% en los 3 puntos de calibración.



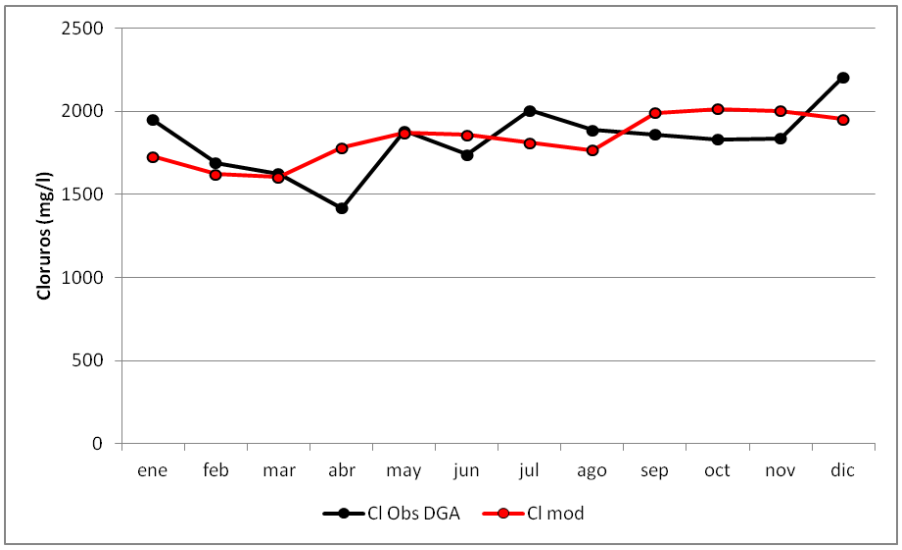

**ESTACIÓN SALADO EN SIFÓN AYQUINA**




**ESTACIÓN LOA ANTES DE JUNTA CON SALADO**

**GRÁFICO 10.6.4-1**
**COMPARACIÓN DE CONCENTRACIONES PROMEDIOS MENSUALES DE CLORUROS MODELADAS V/S OBSERVADAS EN**

Fuente: Elaboración propia.




**ESTACIÓN LOA EN YALQUINCHA**

**GRÁFICO 10.6.4-1**
**COMPARACIÓN DE CONCENTRACIONES PROMEDIOS MENSUALES DE CLORUROS MODELADAS V/S OBSERVADAS EN**

Fuente: Elaboración propia.

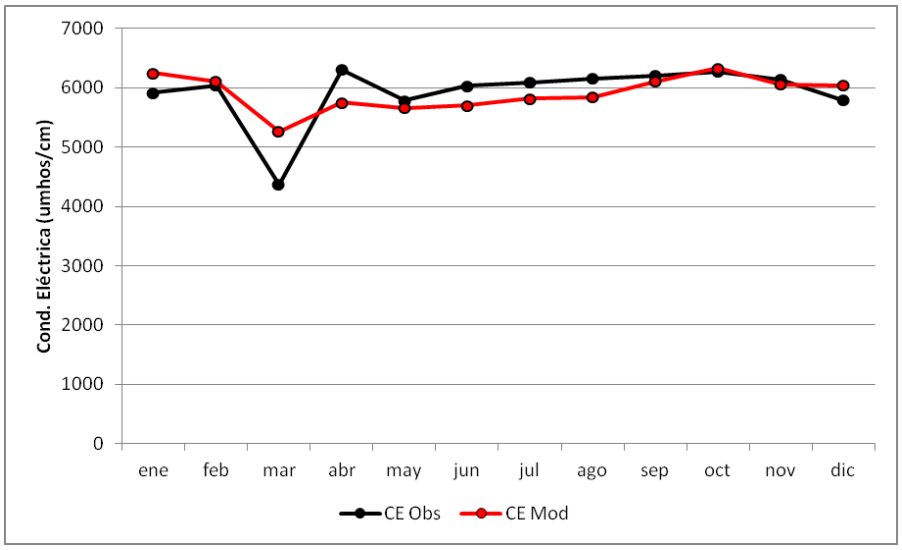
## 10.6.5. Conductividad Eléctrica

Los resultados de la calibración de la Conductividad Eléctrica, pueden verse en el Gráfico 10.6.5-1 para los 3 puntos de calibración, mientras que el Cuadro 10.6.5-1 resume los promedios de las series observadas v/s las modeladas en los distintos puntos.

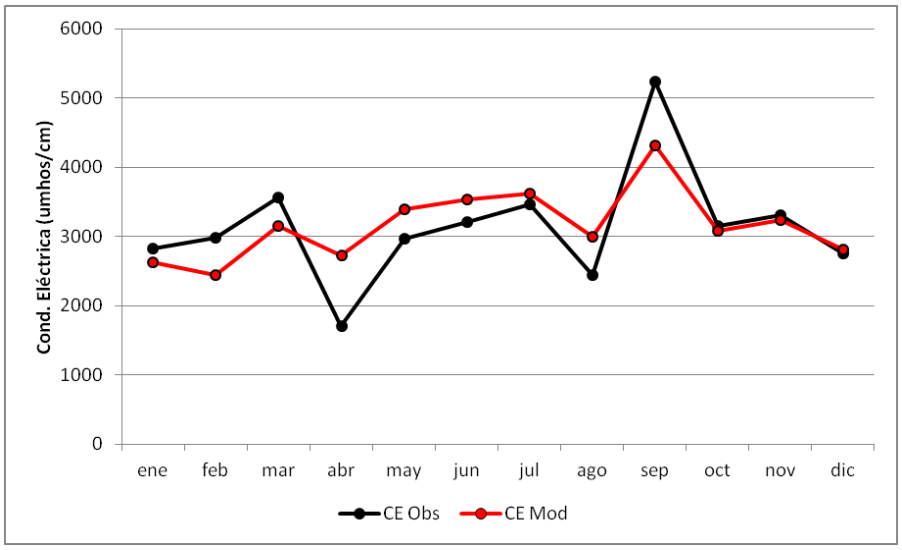
**CUADRO 10.6.5-1**
**CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE CONDUCTIVIDADES ELÉCTRICAS OBSERVADO V/S MODELADO**

| Punto de Calibración | Prom. Obs (µmhos/cm) | Prom. Mod (µmhos/cm) | Diferencia (µmhos/cm) | Error (%) |
|---|---|---|---|---|
| **Río Salado en Sifón Ayquina** | 5.925 | 5.910 | 14,7 | 0,25 |
| **Río Loa antes junta con Salado** | 3.132 | 3.080 | 52 | 1,69 |
| **Río Loa en Yalquincha** | 6.222 | 6.214 | 8 | 0,12 |

Fuente: Elaboración propia.



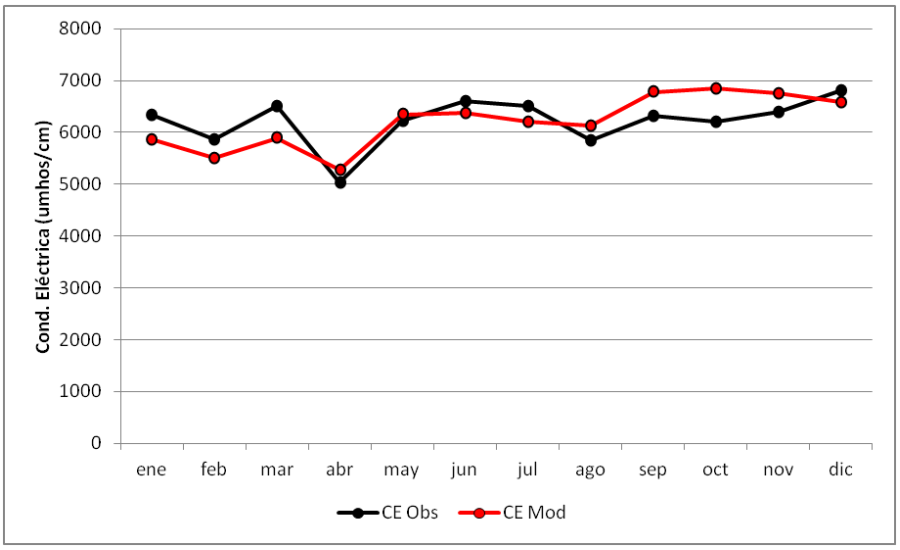

**ESTACIÓN SALADO EN SIFÓN AYQUINA**




**ESTACIÓN LOA ANTES DE JUNTA CON SALADO**

**GRÁFICO 10.6.5-1**
**COMPARACIÓN DE CONDUCTIVIDADES ELÉCTRICAS PROMEDIOS MENSUALES MODELADAS V/S OBSERVADAS**

Fuente: Elaboración propia.




**ESTACIÓN LOA EN YALQUINCHA**

**GRÁFICO 10.6.5-1**
**COMPARACIÓN DE CONDUCTIVIDADES ELÉCTRICAS PROMEDIOS MENSUALES MODELADAS V/S OBSERVADAS**

Fuente: Elaboración propia.

Si se analiza la calidad de la calibración en cuanto al comportamiento mensual, puede notarse que, en los tres puntos de calibración, “Salado en sifón Ayquina”, “Loa antes junto con Salado”, y “Loa en Yalquincha”, las curvas se ajustan de manera satisfactoria representando bien las alzas y las bajas mensuales. De acuerdo con el Cuadro 10.2.5-1, el error en los promedios generales es menor al 2% en los 3 puntos de calibración.

Los datos de respaldo de la calidad de agua resultante en todos los puntos de calibración, y en cada parámetro, pueden verse en el Anexo 10-3.

# CAPÍTULO 11

# RESULTADOS DE LOS ESCENARIOS MODELADOS

# 11. RESULTADOS DE LOS ESCENARIOS MODELADOS

## 11.1. Resumen de Escenarios Modelados

En primer lugar se presenta en el Cuadro 11.1-1 un breve resumen con las características principales de los escenarios considerados, indicando si impacta sobre la cantidad y/o calidad de las aguas.

**CUADRO 11.1-1**
**RESUMEN ESCENARIOS MODELADOS**

| Escenario | Características Principales Escenario | Impacto | |
|---|---|---|---|
| | | Cantidad | Calidad |
| **E0** | Escenario base | - | - |
| **E1** | Mejora la eficiencia de conducción de los canales | Si | No |
| **E2** | Se incluye Embalse Turi. Se considera que se puede embalsar el 100% del caudal que trae el Río Salado | Si | No |
| **E3** | Usando como base el Escenario 2, determina superficies 85% regables para diferentes escenarios de embalse | Si | No |
| **E4** | Se incluye Embalse Turi. Se considera que se pueden embalsar distintas combinaciones de los derechos permanentes y eventuales | Si | No |
| **E5** | Se cambia la operación del Embalse Conchi, para satisfacer únicamente la demanda de riego. | Si | No |
| **E6** | Se desvían 3 cauces aportantes al Río Salado, los cuales poseen una alta carga salina, con el fin de mejorar la calidad de aguas de dicho río. | Si | Si |
| **E7** | Tubería Río Loa-Salado | Si | Si |
| **E8** | Manejo Conjunto Embalses Turi y Conchi | Si | Si |
| **E9** | Escenarios Multiobjetivo: Riego, control de crecidas, hidrogeneración y calidad de aguas | Si | Si |

Fuente: Elaboración propia.

## 11.2. Escenario 0 (E0): Situación Actual

De acuerdo a los resultados obtenidos a partir del la situación base del Modelo de Simulación, se han calculado los indicadores básicos que resumen el comportamiento del sistema en términos de cantidad y calidad de aguas. En términos de cantidad de agua, los indicadores escogidos son el de Satisfacción de la Demanda (SD) y el de Seguridad de Riego (SR). La SD se define como el porcentaje de agua entregada a un determinado polo de demanda (en este caso sectores de riego) respecto del total de agua requerida, y se resume en la Ecuación 4.2-1.

$$SD = \frac{Entrega}{Demanda} \cdot 100 \qquad \text{Ec. 4.2-1}$$

La SR para la zona de estudio, se determina como el porcentaje de años sin falla. Se calcula mediante la ecuación 4.1.1-2.

$$SR = 100 \cdot (N - Nfalla)/N \qquad \text{Ec. 4.2-2}$$

Donde *N* es el número total de años de modelación y *Nfalla* es el número de años fallados. Para la determinación de "año fallado", se adopta el criterio de cálculo establecido en el Ley 18.450, esto es, que se considera año fallado a aquel en que en un mes se entregue menos del 85% de la demanda (SD<85%) o cuando en dos meses consecutivos se entregue menos del 90% de la demanda (SD<90%). El Cuadro 11.2-1 muestra el resultado de SR y SD para los 5 sectores de riego representados en el modelo, además de las superficies regadas y su correspondiente valor con seguridad 85%. En el Gráfico 11.2-1 se presenta un diagrama de barras que muestra la satisfacción de la demanda mensual para cada sector de riego.

**CUADRO 11.2-1**
**SEGURIDAD DE RIEGO (SR) Y SATISFACCIÓN DE LA DEMANDA (SD) EN LOS SECTORES MODELADOS**

| Sector de Riego | Años Fallados | SR (%) | SD (%) | Superficie (ha) | Superficie 85% Segura (ha) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Calama** | 22 | 24,1 | 97,3 | 454,9 | 400,3 |
| **Caspana** | 29 | 0,0 | 69,0 | 71,6 | 30,1 |
| **Chiu Chiu** | 29 | 0,0 | 86,6 | 164,8 | 53,6 |
| **Lasana** | 29 | 0,0 | 86,7 | 38,6 | 12,5 |
| **Toconce** | 22 | 24,1 | 97,3 | 30,0 | 26,7 |

Fuente: Elaboración propia.

Queda en evidencia que en la situación actual, la cobertura de la demanda hídrica cae en los meses de verano (diciembre a febrero) en el caso de la zona de riego de Calama, siendo su menor cobertura en el mes de febrero con un 88% de cobertura de la demanda, mientras que su seguridad de riego alcanza un 24,1%. Por otra parte, para las zonas de riego de Chiu Chiu y Lasana la cobertura de la demanda hídrica cae en un período más extenso, de septiembre a febrero, siendo septiembre el mes de menor cobertura con un 62% en ambas zonas, mientras que su seguridad de riego es de 0%.

En términos de calidad de aguas los indicadores escogidos corresponden a las mismas concentraciones de los parámetros modelados, ya que a través de estos se puede establecer relación directa con los criterios de tolerancia y rendimiento de los distintos cultivos.

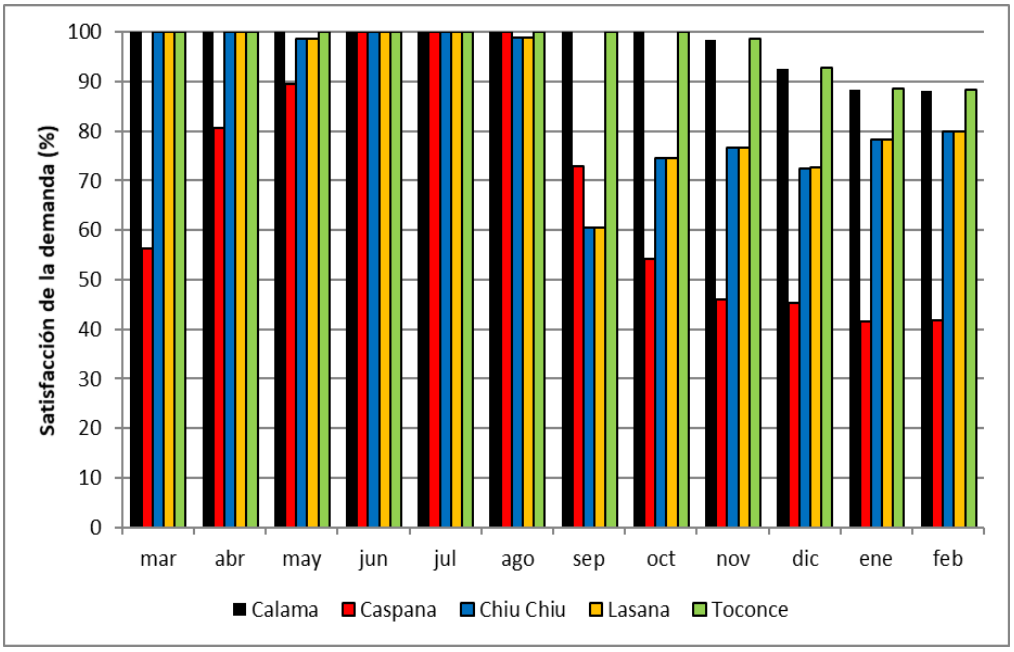



**GRÁFICO 11.2-1**
**SATISFACCIÓN DE LA DEMANDA A NIVEL MENSUAL**

Fuente: Elaboración propia.

El Cuadro 11.2-2 resume los promedios anuales, mientras que los Gráficos 11.2-1 a 11.2-4 muestran gráficamente la variación de los promedios mensuales del Arsénico, Boro, Conductividad Eléctrica y Cloruros respectivamente. Además se incluye una columna con el límite establecido por la Norma Chilena 1.333 de estándares de agua para riego.

Como puede verse en el Cuadro 11.2-2, de acuerdo con el modelo, el promedio anual no cumple con la norma de riego en ningún parámetro en ningún sector, a excepción del Arsénico en Caspana y Cloruros en Toconce. En todos los otros casos la norma es sobrepasada.

**CUADRO 11.2-2**
**PROMEDIOS ANUALES DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUAS MODELADOS**

| Parámetro | Unidad | Lasana | Chiu Chiu | Calama | Caspana | Toconce | Norma 1.333 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Arsénico** | mg/L | 1,20 | 0,81 | 0,11 | 0,07 | 0,49 | 0,1 |
| **Boro** | mg/L | 12,59 | 12,59 | 13,71 | 14,53 | 1,37 | 0,75 |
| **Cond. Elec.** | µmhos/cm | 3.431 | 3.431 | 6.214 | 4.059 | 792 | 750 |
| **Cloruros** | mg/L | 858 | 858 | 1.833 | 943 | 115 | 200 |

Fuente: Elaboración propia.

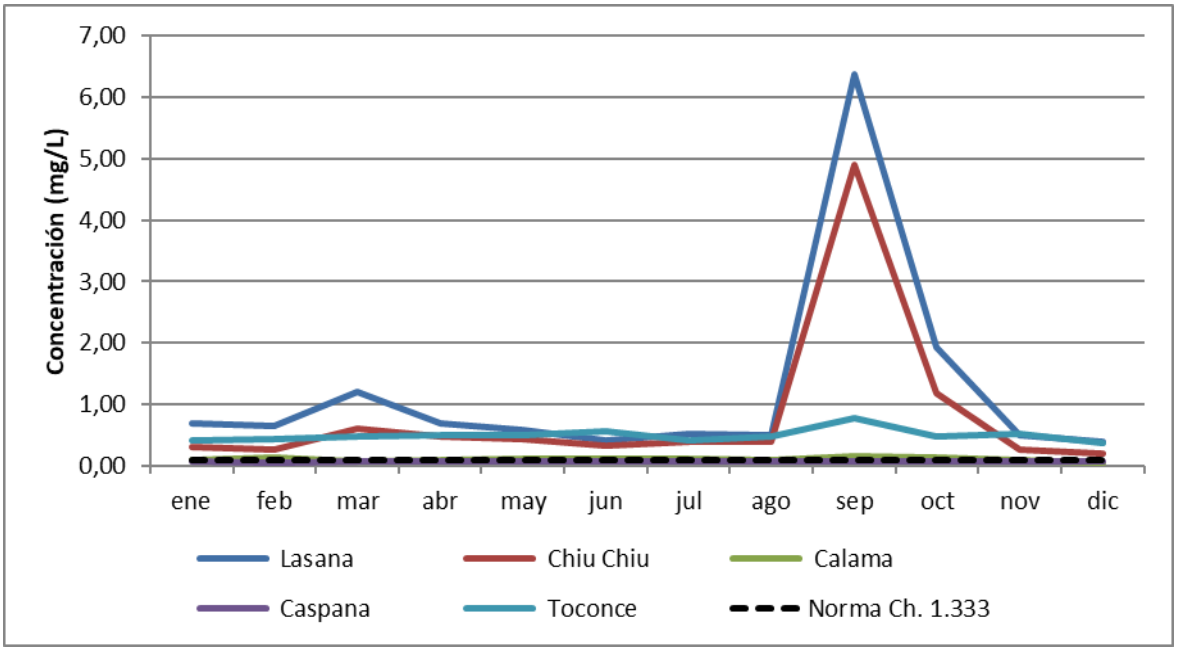



**GRÁFICO 11.2-1**
**CONCENTRACIONES MEDIAS MENSUALES DE ARSÉNICO**

Fuente: Elaboración propia.

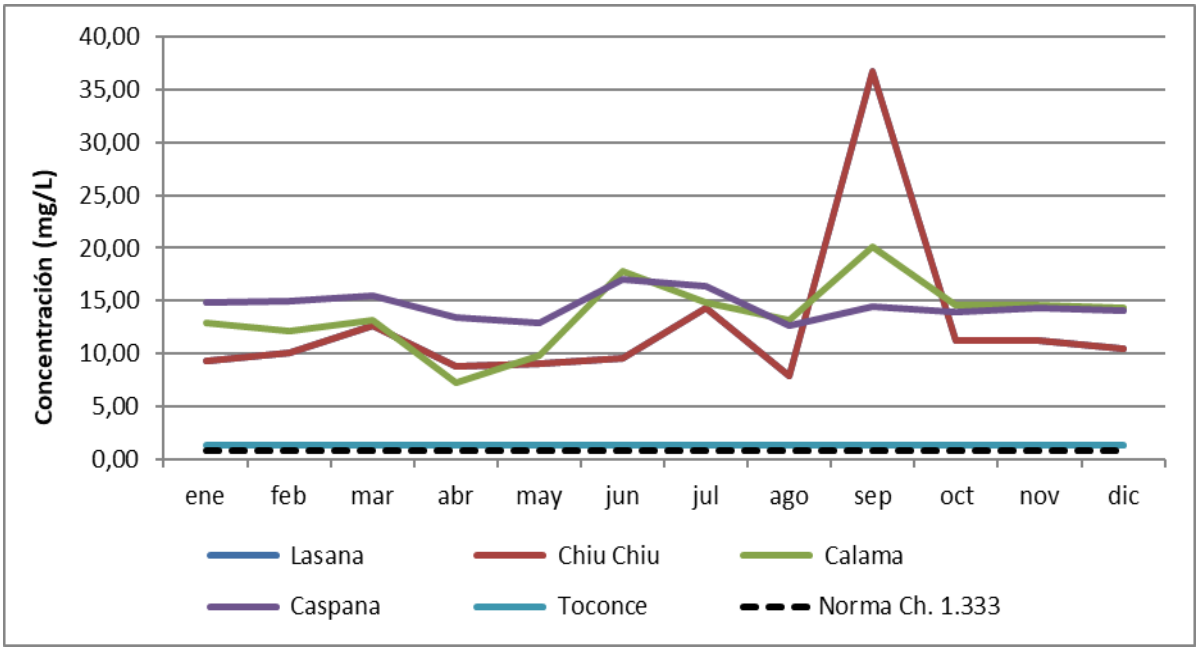



**GRÁFICO 11.2-2**
**CONCENTRACIONES MEDIAS MENSUALES DE BORO**

Fuente: Elaboración propia.

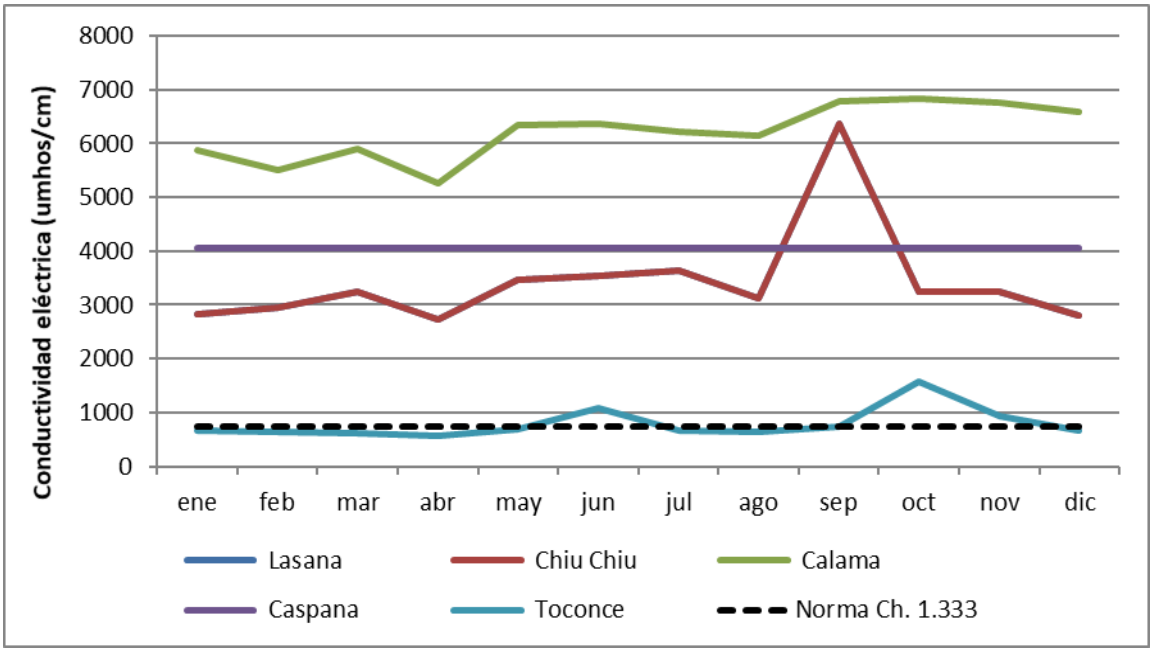



**GRÁFICO 11.2-3**
**CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA MEDIA MENSUAL POR ZONA**

Fuente: Elaboración propia.

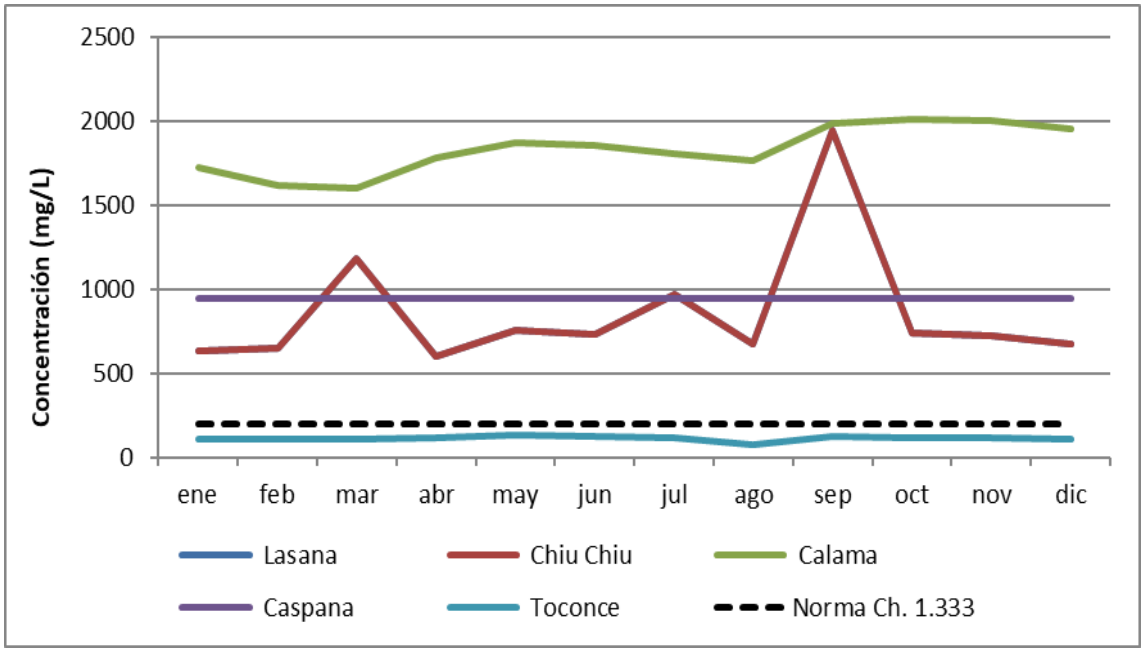



**GRÁFICO 11.2-4**
**CONCENTRACIONES MEDIAS MENSUALES DE CLORUROS**

Fuente: Elaboración propia.

## 11.3. Escenario 1 (E1): Mejoramiento del Riego

### 11.3.1. Descripción

Para incluir el efecto del mejoramiento del riego, se consideraron los resultados del Diagnóstico presentado en el Capítulo 8. Se considera básicamente una mejora en la eficiencia de conducción de los canales, al incorporar tramos revestidos. Para los sectores de riego, se consideran las demandas futuras, o de la Situación con Proyecto (SCP).

### 11.3.2. Método de Modelación

Desde el punto de vista del modelo los cambios son representados en la forma de cambios en factores de pérdida en la conducción de los canales. Para efectos del modelo, todas estas eficiencias mencionadas se ingresan de forma agregada, es decir, un solo factor de eficiencia conjunta. Por lo tanto todos los cálculos que se realicen por fuera del modelo en lo que respecte a los temas agroproductivos, darán como resultado un cambio en las eficiencias conjuntas.

Es importante hacer notar que las comunidades Atacameñas no están interesadas en tecnificación, ya que lo que ellos quieren es mantener sus prácticas ancestrales, pero con una mejora al acceso al agua. Lo anteriormente indicado, es mas prevalente en las zonas altas que en Calama, donde se espera menor reticencia al cambio.

Han sido propuestos 3 Sub Escenarios, cada uno de los cuales representa un nivel distinto de mejoramiento. El Cuadro 11.3.2-1 muestra los cambios en los factores de pérdida adoptados para cada Sub Escenario. El proceso de cálculo se presenta en el Anexo 11-1.

Las pérdidas de canales actuales y propuestas han sido calculadas usando los datos del catastro de infraestructura, en el que se determinó la longitud de canales en cada territorio, y se determinó su calidad actual, calificándolos como buenos, regulares o malos. Para cada caso se asignó una pérdida unitaria en L/s/km, tomando en cuenta si el canal estaba revestido o sin revestir. Por último, en base a las dimensiones de los canales, se determinó un caudal típico, a partir del cual se determinaron las pérdidas porcentuales a usar, que son las mostradas en el Cuadro 11.3.2-1.

Por otra parte, y a partir de los factores de pérdidas mostrados en el Cuadro 11.3.2-1 se determinó la eficiencia de conducción, la que está dada como “100-Pérdidas”, y se muestra en el Cuadro 11.3.2-2.

**CUADRO 11.3.2-1**
**SUB ESCENARIOS DE MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA**
**FACTORES DE PÉRDIDA EN CANALES (%)**

| Sector de Riego | E0 | E1 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Sub Esc. 1 (33% de mejora) | Sub Esc. 2 (66% de mejora) | Sub Esc. 3 (100% de mejora) |
| Ayquina | 2,8% | 2,2% | 1,8% | 1,0% |
| Calama | 15,1% | 13,2% | 11,2% | 9,8% |
| Lasana Chiu Chiu | 34,8% | 30,5% | 25,4% | 23,7% |
| Paniri | 3,8% | 3,0% | 2,2% | 1,5% |
| Turi | 6,0% | 5,9% | 5,5% | 5,2% |

Fuente: Elaboración propia.

Por último, la eficiencia total en general se determina como:

$$\eta_T = \eta_C \, \eta_B \, \eta_A$$

Donde,

$\eta_C$ es la eficiencia de conducción, mostrada en el Cuadro 11.3.2-2.

$\eta_B$, es la eficiencia de captación que representa cuan bien se captan las aguas. Para efectos de la modelación, se asumió que esta eficiencia es para perfecta o casi perfecta (≈100%), independientemente del estado de conservación de la captación. Esto se debe a que los agricultores hacen lo posible por captar todos los recursos que tienen disponibles, ya que estos son muy pocos. El estado de conservación de la bocatoma solo incide en costos de operación y reposición mayores a las bocatomas en buen estado.

$\eta_A$, corresponde a la eficiencia de aplicación, la que por la forma en que opera el modelo WEAP, está manejada implícitamente en las demandas de agua usadas.

Por lo anteriormente expuesto, se tiene que:

$$\eta_T \approx \eta_C$$

**CUADRO 11.3.2-2**
**SUB ESCENARIOS DE MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA**
**EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN EN CANALES (%)**

| Sector de Riego | E0 | E1 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Sub Esc. 1 (33% de mejora) | Sub Esc. 2 (66% de mejora) | Sub Esc. 3 (100% de mejora) |
| Ayquina | 2,8% | 97,8% | 98,2% | 99,0% |
| Calama | 15,1% | 86,8% | 88,8% | 90,2% |
| Lasana Chiu Chiu | 34,8% | 69,5% | 74,6% | 76,3% |
| Paniri | 3,8% | 97,0% | 97,8% | 98,5% |
| Turi | 6,0% | 94,1% | 94,5% | 94,8% |

Fuente: Elaboración propia.

## 11.3.3. Resultados

El Cuadro 11.3.3-1 muestra el resultado de las distintas Seguridades de Riego (SR), además de la satisfacción de la demanda para cada sector y en cada Sub Escenario.

Como puede verse en el Cuadro 11.3.3-1, la SR va en aumento conforme aumenta la eficiencia de los canales. Dichos aumentos son particularmente notorios en Calama y Toconce, mientras que en Caspana, el aumento en la SR es nulo, debido al bajo nivel inicial de satisfacción de la demanda, el cual si bien mejora no alcanza a mejorar la SR. Algo similar ocurre con Lasana y Chiu Chiu donde recién en el Sub Escenario 3 se ve un aumento de la SR a 3,4%. En el mismo cuadro se observa también la satisfacción de la demanda promedio.

El respaldo digital de este Escenario en el modelo WEAP, se presenta en el Anexo 11-2.

**CUADRO 11.3.3-1**
**RESULTADOS MODELACIÓN**

| Sector de Riego | Escenario 0 | Sub Esc. 1 (33% de mejora) | Sub Esc. 2 (66% de mejora) | Sub Esc. 3 (100% de mejora) |
|---|---|---|---|---|
| **Seguridad de Riego (%)** | | | | |
| **Calama** | 24,1 | 41,4 | 44,8 | 44,8 |
| **Caspana** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Chiu Chiu** | 0,0 | 3,4 | 3,4 | 6,9 |
| **Lasana** | 0,0 | 3,4 | 3,4 | 6,9 |
| **Toconce** | 24,1 | 41,4 | 44,8 | 44,8 |
| **Satisfacción de la Demanda (%)** | | | | |
| **Calama** | 97,3 | 97,4 | 97,8 | 98,0 |
| **Caspana** | 69,0 | 83,2 | 84,0 | 84,7 |
| **Chiu Chiu** | 86,6 | 90,8 | 91,4 | 92,0 |
| **Lasana** | 86,7 | 90,8 | 91,5 | 92,0 |
| **Toconce** | 97,3 | 97,5 | 97,8 | 98,1 |

Fuente: Elaboración propia.

## 11.4. Escenario 2 (E2): Embalse Turi para Riego

### 11.4.1. Descripción

En este escenario se consideró analizar el efecto de la inclusión de un embalse de regulación, ubicado en el sector de Turi, que tendría la función principal de suplir las necesidades de riego del sector de Calama. Para la determinación de las reglas de operación reales de esta obra se considerará la opinión de los propios regantes, no obstante para efectos del presente estudio se emplearán las reglas genéricas orientadas a la satisfacción de la demanda. La ingeniería básica de este embalse fue desarrollada por este Consultor para la DOH en el año 2014, información que fue considerada para la modelación de este escenario.

Para los sectores de riego, se consideran las demandas futuras, o de la Situación con Proyecto (SCP).

### 11.4.2. Método de Modelación

Desde el punto de vista del modelo, el beneficio que produce el embalse en el sector de riego de Calama se cuantificará en términos de Seguridad de Riego (SR) y porcentaje de Satisfacción de la Demanda (SD).

Los cambios son representados mediante la incorporación de un “Reservoir” o embalse al modelo WEAP, que considera las características físicas y operacionales que se

determinaron para éste en el Estudio de Perfil de Embalse realizado con ocasión del estudio "Estudio de Prefactibilidad: Alternativas de Obras de Regulación y Control de Crecidas en la Hoya del Río Salado (Afluente del Río Loa), Región de Antofagasta" (Arrau-DOH, 2014), o bien determinadas en el transcurso del actual estudio.

Dentro de las características físicas atingentes al embalse en cuestión, el modelo permite ingresar la capacidad total, curva de embalse, perdidas por evaporación, pérdidas por infiltración (a acuíferos), mientras que dentro de las características operacionales considera año de comienzo de operaciones, capacidad máxima de embalse y volumen inactivo o muerto.

Así también el modelo permite ingresar información acerca del potencial hidroeléctrico del proyecto, tales como el gasto máximo de turbina, elevación de columna de agua, factor de planta, eficiencia de generación y demanda de energía (ver Escenario 9 sobre hidrogeneración).

En el estudio de perfil de este embalse se evaluaban 3 alternativas de tamaños de la obra principal (11,3 $hm^3$, 20,9 $hm^3$, y 34,7 $hm^3$). Dichos tamaños fueron planteados con el objetivo principal del Control de Crecidas, por lo que si se evalúan con fines de Riego resultan volúmenes sobreestimados. En el presente escenario se evaluará el Embalse Turi únicamente con fines de Riego.

Se modelaron distintos tamaños de embalse entre los volúmenes 7 y 9 $hm^3$, esto con el objetivo de determinar qué tamaño de embalse es el necesario para obtener una SR óptima, en este caso equivalente al 85% para el sector de Calama, manteniendo la superficie actual de riego, de 454,9 ha.

La regla de operación empleada en el embalse Turi consiste en entregar la cantidad demandada siempre y cuando se disponga del volumen, de lo contrario sólo se entrega lo que alcance, se considera un factor de entrega de 1 parejo y no se considera la existencia de un volumen crítico. La satisfacción de la demanda por su parte depende también de la disponibilidad de oferta en los sectores a abastecer. En el caso de Calama por ejemplo, ésta también recibe agua del Embalse Conchi, el cual complementa su aporte con el agua embalsada en el Turi sin alterar su actual operación. En resumen, el Embalse Turi mantiene su régimen de entregas tal como en la actualidad, mientras que el Turi viene a incrementar los aportes sobre esa base, aumentando la satisfacción de la demanda en los sectores beneficiados.

El Gráfico 11.4.2-1 muestra la curva de embalse, donde se puede apreciar las alturas de muro y volúmenes asociados.

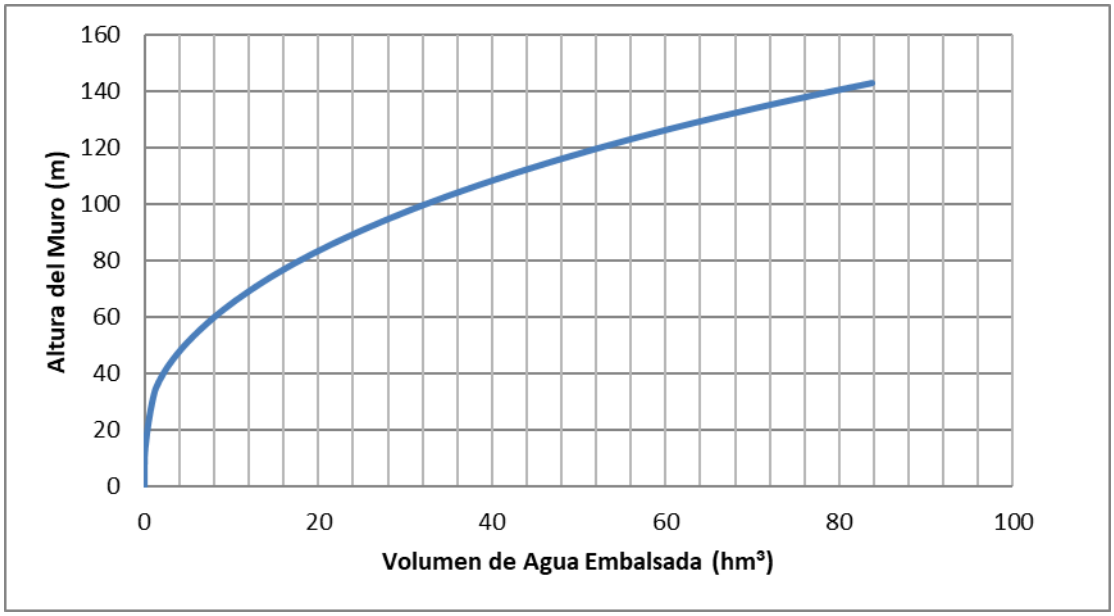



**GRÁFICO 11.4.2-1**
**CURVA DE CAPACIDAD DE EMBALSE TURI**

Fuente: "Estudio de Prefactibilidad: Alternativas de Obras de Regulación y Control de Crecidas en la Hoya del Río Salado (Afluente del Río Loa), Región de Antofagasta", DOH-Arrau (2014)

La forma en que los derechos de agua influyen en la capacidad del embalse o bien en la distribución del agua para riego, son temas considerados en el Escenario 3 del presente informe. A continuación se presentan los resultados del presente Escenario.

### 11.4.3. Resultados

Se modelaron distintas capacidades de embalse con el fin de encontrar el tamaño óptimo para una SR del 85% en Calama. En el Gráfico 11.4.3-1 se muestra la relación entre SR y Volumen total para distintos tamaños. En dicho gráfico puede verse que el Volumen óptimo está en los 8,35 hm³, con los que se obtiene una SR de 86,2% (valor más cercano a 85% posible de obtener).

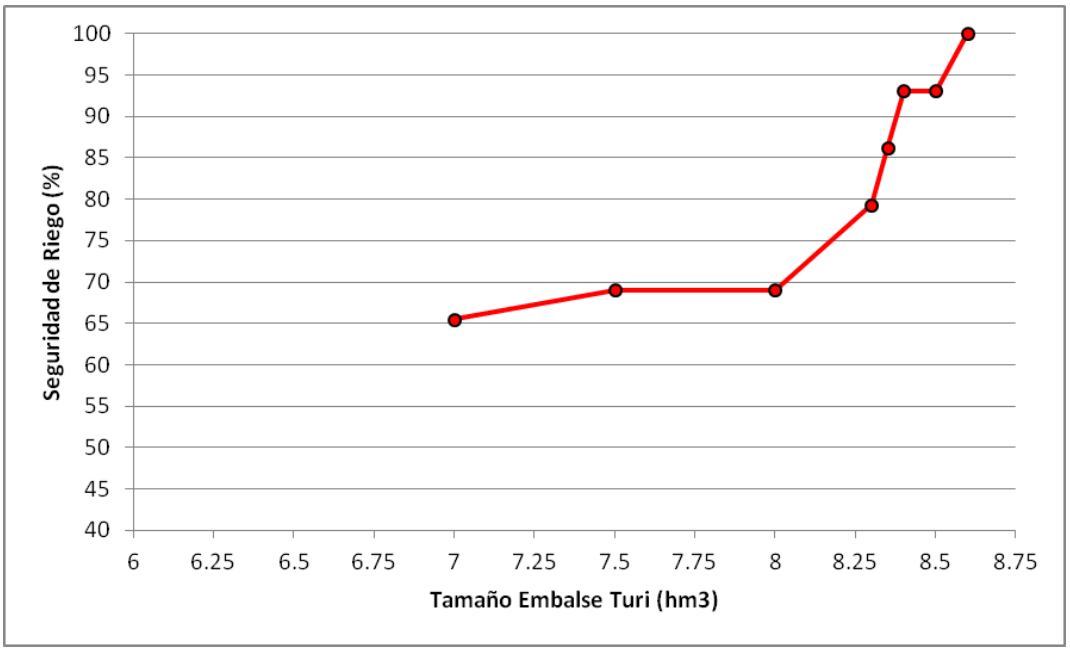



**GRÁFICO 11.4.3-1**
**RELACIÓN ENTRE SEGURIDAD DE RIEGO Y VOLUMEN ALMACENADO**

Fuente: Elaboración propia.

Ya habiendo obtenido el volumen óptimo, se graficaron los caudales de entrada y salida del embalse Turi para dicho tamaño (ver el Gráfico 11.4.3-2), en paralelo con el volumen total almacenado. Como puede verse, el embalse alcanza llenos totales (8,35 hm³) en forma habitual, y disminuye hasta vaciar totalmente su volumen útil, dejando sólo el volumen muerto (4,32 hm³).

El E0 (Situación actual) deja en evidencia que la SD cae en los meses de verano (diciembre, enero y febrero), encontrándose en torno al 89,7% para dichos meses en promedio, adicionalmente la SR para Calama, sólo alcanza (en E0) el 24,1%. Luego, en el E2, la incorporación del embalse Turi suple las necesidades hídricas (demandas) de la zona de riego de Calama, para cualquiera de las alternativas de tamaño de embalse mayor a los 9 hm³ (ver Gráfico 11.4.3-1) alcanzando una SR de 100% a partir de dicho volumen. Sin embargo, tal como fue dicho anteriormente, el tamaño óptimo se determinó en base a una SR lo más cercana posible al 85% para la zona de Calama, quedando en 8,35 hm³ de volumen total. En promedio, la SD en los meses de verano sube a 98,5% en E2. El Gráfico 11.4.3-3 muestra la comparación del E0 con el E2 en los promedios mensuales de SD.

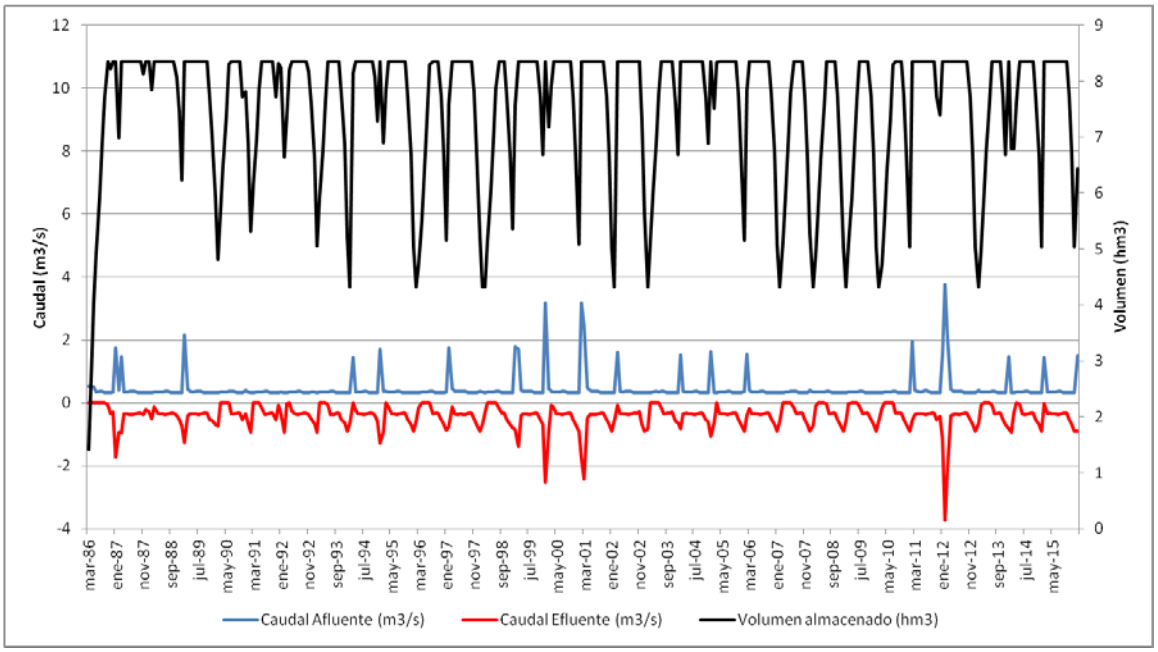



**GRÁFICO 11.4.3-2**
**BALANCE EMBALSE TURI, TAMAÑO ÓPTIMO**

Fuente: Elaboración propia.

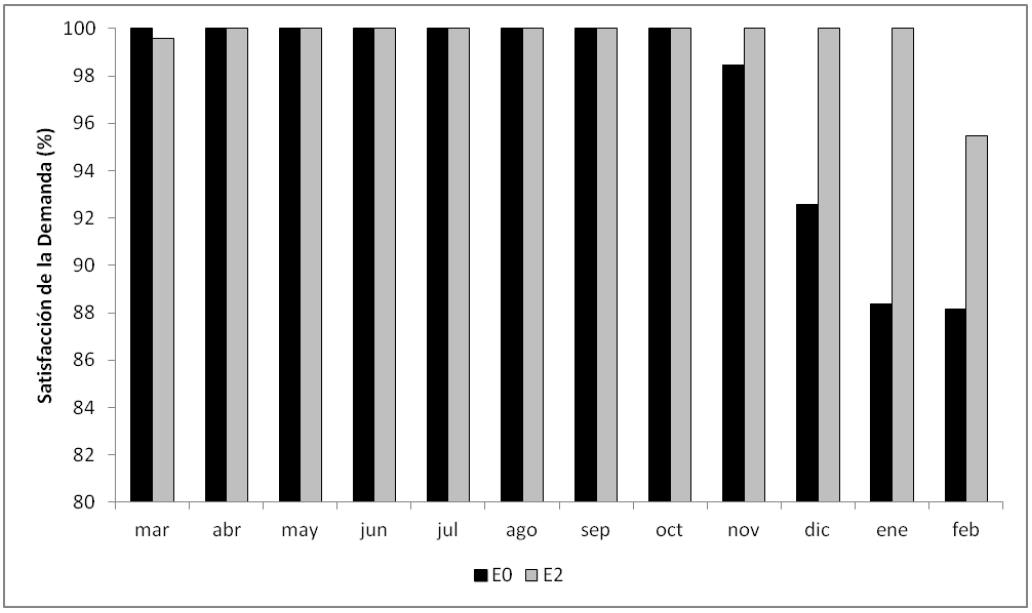



**GRÁFICO 11.4.3-3**
**COBERTURA DE DEMANDA MEDIA MENSUAL (% SATISFACCIÓN), ZONA DE RIEGO CALAMA**

Fuente: Elaboración propia.

En el E2, la modelación considera variaciones en la demanda del recurso hídrico (demandas futuras en situación con proyecto), lo que incrementa las necesidades del recurso en el sector de riego de Calama. Por lo tanto, los resultados de SR y SD obtenidos se explican tanto por el aumento en la disponibilidad de agua que otorga la inclusión del embalse Turi, como también por la variación en las demandas futuras para uso agrícola de este sector de riego. Las demandas futuras fueron calculadas considerando lo desarrollado en el Capítulo 12 del presente Informe.

En el Cuadro 11.4.3-1, se resume el comportamiento de la SR en las distintas zonas de riego consideradas, para cada sub-escenario modelado.

**CUADRO 11.4.3-1**
**Comparación Seguridad de Riego entre E0 y E2 (%)**

| | E0 | E2 |
|---|---|---|
| **Calama** | 24,1 | 86,2 |
| **Caspana** | 0,0 | 0,0 |
| **Chiu Chiu** | 0,0 | 3,4 |
| **Lasana** | 0,0 | 3,4 |
| **Toconce** | 24,1 | 89,7 |

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que aún cuándo Calama es la única zona de riego que se encuentra aguas abajo del embalse, no es la única que varía con la inclusión de éste. Lo anterior ocurre debido a que en la modelación realizada, todos los sectores de riego tienen la misma prioridad, por lo tanto el modelo prorratea en forma alícuota cuando el río lleva poca agua. Si los sectores ubicados aguas abajo del embalse pueden suplirse con el agua embalsada, entonces los sectores que están arriba del embalse ya no tienen que tributar, y por lo tanto aumentan también su seguridad de riego. Es más, incluso los sectores Lasana y Chiu Chiu que se encuentran en el Loa, aumentan levemente su seguridad de riego ya que no se ven obligados a tributar hacia Calama.

El respaldo digital de este Escenario en el modelo WEAP, se presenta en el Anexo 11-2.

## 11.5. Escenario 3 (E3): Expansión Riego

### 11.5.1. Descripción

Interesa conocer un escenario que considere una situación en donde se planteen alternativas para expandir el área de riego actual considerando el potencial del valle de Calama.

Para conseguir lo anterior se hace necesario contar con mayor disponibilidad del recurso hídrico, es por esto que se modelaron distintas capacidades de regulación para el embalse Turi, ubicado aguas arriba de la zona de Riego de Calama, en la zona de Turi.

### 11.5.2. Método de Modelación

Para este escenario se procede en primer lugar a iterar entre distintos tamaños de embalse y distintos tamaños de superficie de riego (mayores a la actual) , de forma de encontrar óptimos que permitan obtener seguridades de riego adecuadas.

En el Gráfico 11.5.2-1 se muestra las seguridades de riego obtenidas para distintas superficies de riego y tamaños de embalse.

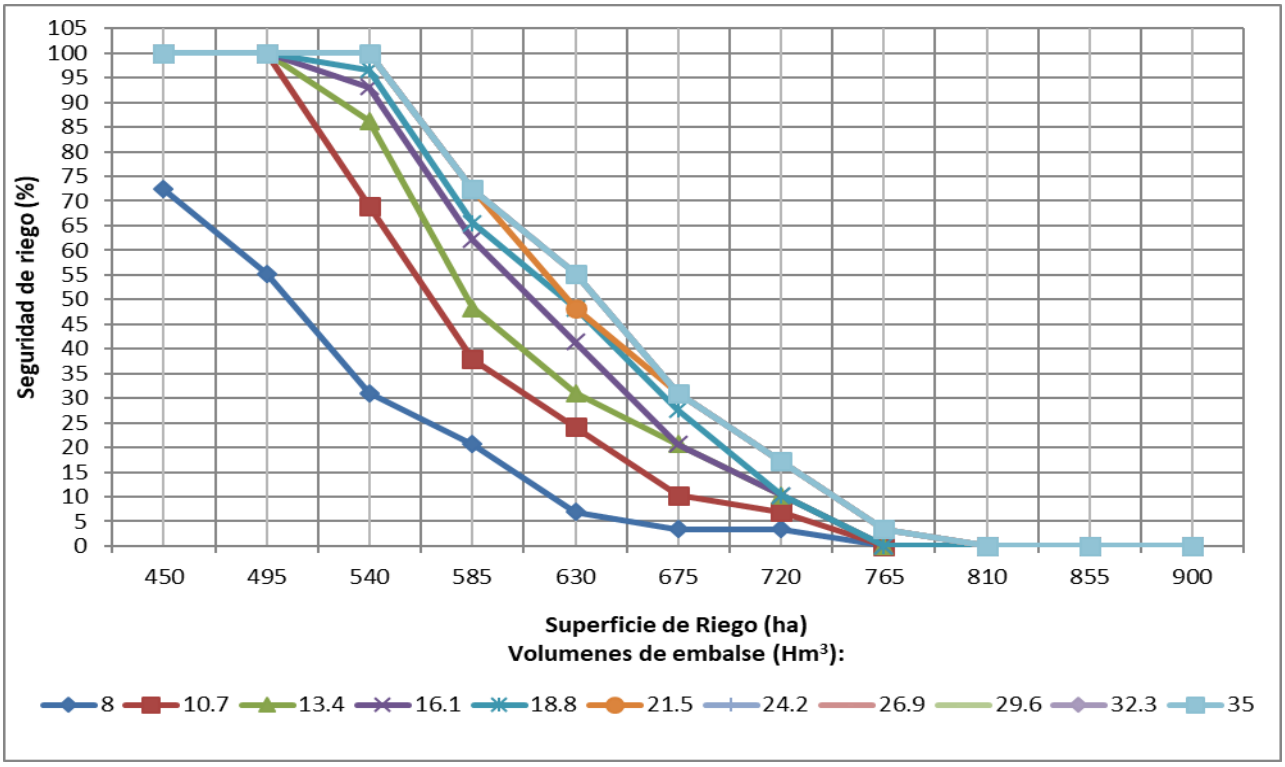



**GRÁFICO 11.5.2-1**
**SEGURIDAD DE RIEGO PARA DISTINTAS SUPERFICIES DE RIEGO Y TAMAÑOS DE EMBALSES**

Fuente: Elaboración propia.

### 11.5.3. Resultados

A partir de la información mostrada en el Gráfico 11.5.2-1, se obtuvo, para distintas superficies de riego, el volumen de embalse que permitirá obtener un 85% de seguridad de riego. Esta información sintetizada permite apreciar en forma clara la relación que debe existir

entre superficies de riego y volúmenes de embalse para contar con una seguridad de riego del 85%. Lo anterior se grafica en el Gráfico 11.5.3-1.

Considerando que la superficie actual es de aproximadamente 454,9 ha, un incremento a superficies entre 500 y 600 ha requeriría de una obra de hidráulica que permitiera regular entre 10 y 35 hm³, asegurando de esta manera la superficie de riego a un 85%.

El respaldo digital de este Escenario en el modelo WEAP, se presenta en el Anexo 11-2.

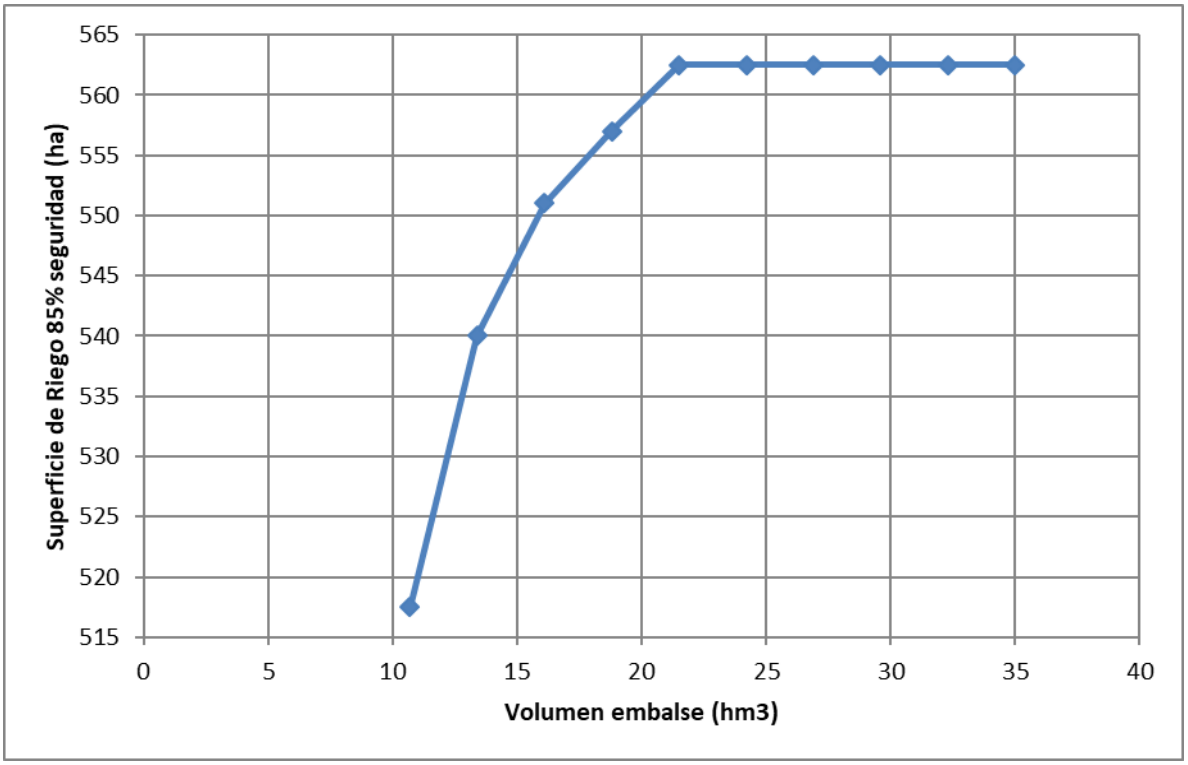



**GRÁFICO 11.5.3-1**
**SUEPERFICIES DE RIEGO Y VOLÚMENES DE EMBALSE CON UNA SEGURIDAD DE RIEGO DEL 85%**

Fuente: Elaboración propia.

## 11.6. Escenario 4 (E4): Derechos de Aguas

### 11.6.1. Descripción

Como es sabido, la cuenca del río Loa se encuentra en la actualidad agotada para constituir nuevos derechos de aprovechamiento, razón por la cual, sólo es posible aplicar normas de gestión y regulación del recurso hídrico. Considerando esto, es que la propuesta de una obra de regulación, podría considerar la utilización de los caudales permanentes con la

totalidad de los Derechos de aprovechamiento otorgados y los eventuales que la cuenca aportante posea, siendo éstos últimos relativos ya que no se tiene certeza si estarán disponibles.

Considerando lo anterior es que se modeló la inclusión de una obra de Regulación (Mismo embalse Turi del Escenario 2 antes expuesto), considerando la utilización de diferentes fracciones de caudales permanentes y caudales eventuales. Estos caudales permanentes y eventuales han sido determinados en base a las curvas de variación estacional del 85% y 5% de probabilidad de excedencia, de aquellos caudales afluentes al Embalse Turi.

Para los sectores de riego, se consideran las demandas futuras, o de la Situación con Proyecto (SCP).

### 11.6.2. Método de Modelación

Para este escenario se procede en primer lugar a determinar los Caudales permanentes y eventuales en la zona del embalse Turi. Para esto, se determina la curva de variación estacional aportante al embalse Turi, la que se muestra en el Gráfico 11.6.2-1.

Para definir los Caudales que se considerarán como "permanentes" se considera los valores de caudal obtenidos para una probabilidad de excedencia del 85% (en el sector de ubicación del embalse Turi), siendo los caudales menores a ese umbral, considerados como de derechos de carácter "Permanente". Para los derechos eventuales, se usaron 2 métodos, el primero de ellos (M1) consiste en considerar como "derecho eventual" todo aquel caudal que sobrepasa la curva de los "permanentes", usando como techo, la curva del 5% de probabilidad de excedencia. El segundo método (M2) consiste en usar los valores de derechos eventuales disponibles de acuerdo a lo estipulado en el Oficio Ordinario nº 434 de la DGA Región de Antofagasta, con fecha 24 de julio de 2017. En dicho documento se establece que los derechos eventuales disponibles en el río Salado, son aquellos que se muestran en el Cuadro 11.6.2-1., y que si bien es cierto, no son definitivos, son una buena aproximación para los fines perseguidos.

**CUADRO 11.6.2-1**
**DERECHOS EVENTUALES DISPONIBLES EN RÍO SALADO**

| oct | nov | dic | ene | feb | mar | abr | may | jun | jul | ago | sep |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,15 | 0,17 | 0,21 | 0,2 | 0,28 | 0,30 |

Fuente: DGA, 2017

La modelación del Escenario 3 se basa en el Escenario 2, es decir la inclusión de un embalse de regulación de capacidad total 8,35 hm³ cuyo recurso hídrico a regular consideró los siguientes sub-escenarios:

- **Sub-escenario 1(S1):** Regulación del 100% de los Derechos Permanentes
- **Sub-escenario 2 (S2):** Regulación de 1/3 de los Derechos Eventuales
- **Sub-escenario 3 (S3):** Regulación de 2/3 de los Derechos Eventuales
- **Sub-escenario 4 (S4):** Regulación del 100% de los Derecho Permanentes + 1/3 de los Derechos Eventuales.
- **Sub-escenario 5 (S5):** Regulación del 100% de los Derechos Permanentes + 2/3 de los Derechos Eventuales.

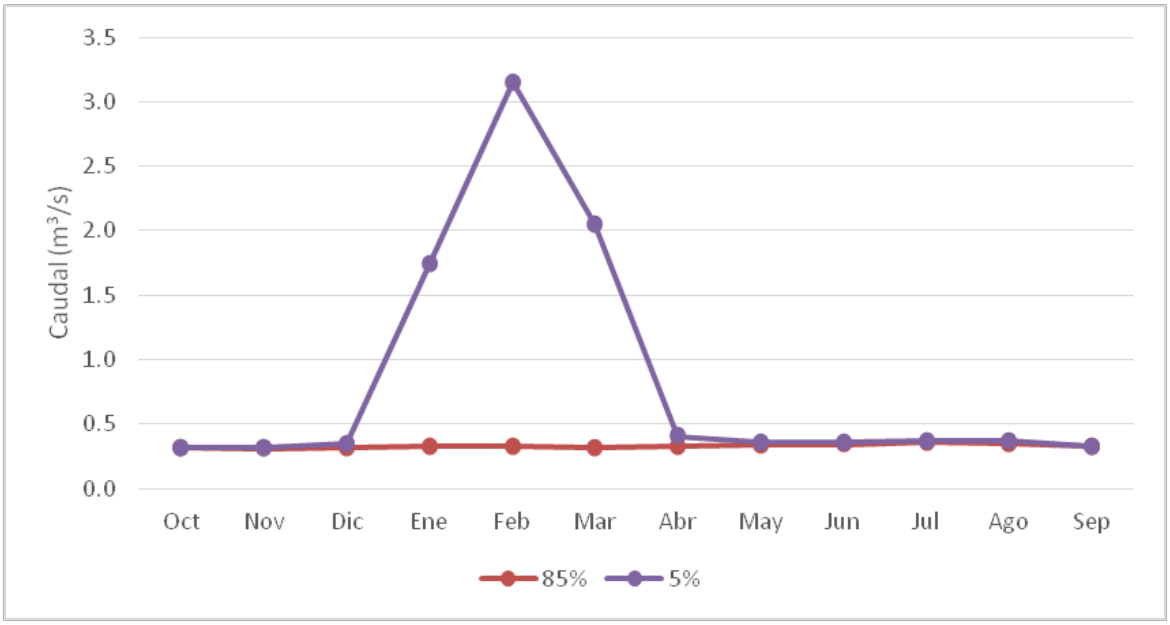



**GRÁFICO 11.6.2-1**
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL ZONA EMBALSE TURI**

Fuente: Elaboración propia.

## 11.6.3. Resultados

A continuación se presentan los resultados de este Escenario.

En el Gráfico 11.6.3-1 se muestra las medias mensuales del Volumen de almacenamiento del embalse Turi para los distintos caudales regulados en los sub-escenarios considerando el método M1 para la estimación de caudales eventuales. Como se puede ver, el embalse tiene volúmenes almacenados similares para los Sub-escenarios 1, 4 y 5, los cuales representan sub-escenarios que consideran el almacenamiento de derechos permanentes, siendo el diferencial aportado por el almacenamiento de derechos eventuales marginal respecto de este resultado.

Los Sub-escenarios 2 y 3, que sólo consideran el almacenamiento de derechos eventuales, tienen claramente menores volúmenes almacenados en el embalse modelado.

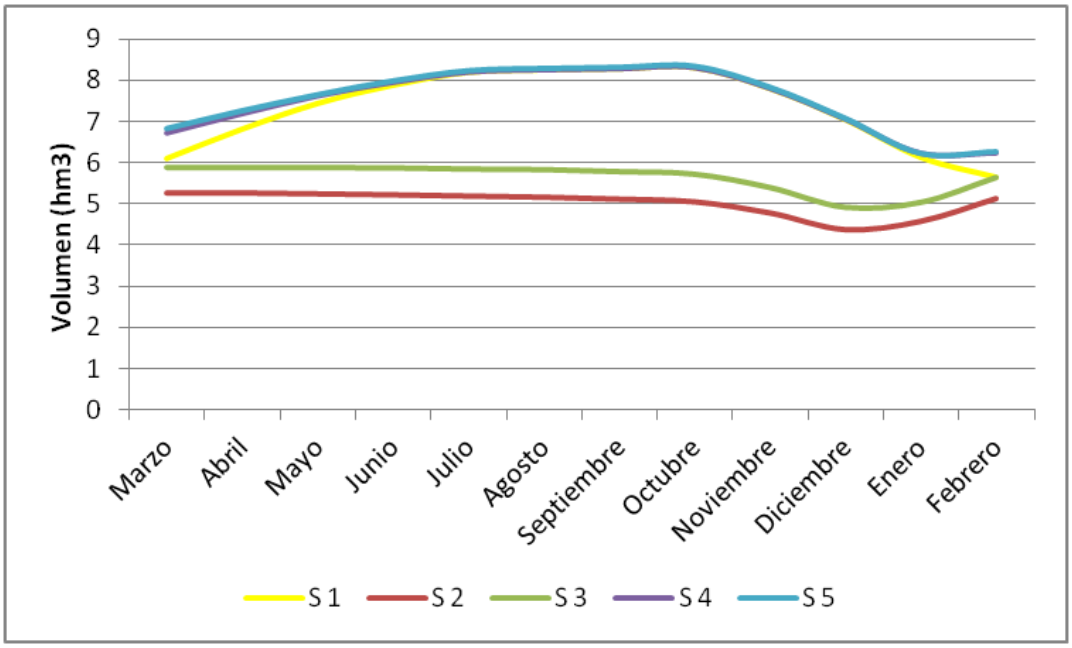



**GRÁFICO 11.6.3-1**
**VOLUMEN MENSUAL EMBALSE TURI PARA LOS DITINTOS SUB-ESCENARIOS**

(Nota: derechos eventuales estimados con M1)

Fuente: Elaboración propia.

La inclusión del embalse Turi, considerando distintos sub-escenarios de regulación de caudales de derechos permanentes y eventuales, resulta en que la cobertura de la demanda de riego varíe para todas las zonas de riego, lo que se debe a la mayor disponibilidad del recurso por el hecho de la existencia de una obra de regulación. Es de particular interés en este escenario destacar el efecto que tiene la consideración de los derechos de agua, respecto de un escenario que no los contempla, como lo es el E2. En este sentido se observa que la seguridad de riego es idéntica para los Sub-escenarios 1, 4 y 5, los cuales representan sub-escenarios que consideran el almacenamiento de derechos permanentes, no ocurre lo mismo, en los Sub-escenarios 2 y 3, que sólo consideran el almacenamiento de derechos eventuales, ya que estos representan seguridades de riego mucho menores que los anteriores.

A continuación, en el Cuadro 11.6.3-1, se resume el comportamiento de la seguridad de Riego en las distintas zonas de riego consideradas, para cada Sub-escenario Modelado y para cada método empleado para calcular los derechos eventuales.

Se observa que aún cuándo Calama es la única zona de riego que se encuentra aguas abajo del embalse, no es la única que varía con la inclusión de éste. Lo anterior sucede debido a

que en el modelación realizada, todos los sectores de riego tienen la misma prioridad, por lo tanto el modelo prorratea en forma alícuota cuando el río lleva poco agua, tal como ya fue explicado en el Escenario 2.

**CUADRO 11.6.3-1**
**RESUMEN SEGURIDADES DE RIEGO (%) PARA CADA SUB-ESCENARIO MODELADO**

| | E0 | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | M1 | M2 | M1 | M2 | M1 | M2 | M1 | M2 | M1 | M2 |
| **Calama** | 24,1 | 86,2 | 86,2 | 20,7 | 17,2 | 31,0 | 17,2 | 86,2 | 86,2 | 86,2 | 86,2 |
| **Caspana** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **Chiu Chiu** | 0,0 | 3,4 | 3,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,4 | 3,4 | 3,4 | 3,4 |
| **Lasana** | 0,0 | 3,4 | 3,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,4 | 3,4 | 3,4 | 3,4 |
| **Toconce** | 24,1 | 89,7 | 89,7 | 10,3 | 0,0 | 27,6 | 0,0 | 89,7 | 89,7 | 89,7 | 89,7 |

M1 Derecho eventual estimado mediante Qev=Q5%-Q85%

M2 Derecho eventual obtenido de Oficio DGA

Fuente: Elaboración propia.

La seguridad de riego de la zona ubicada inmediatamente aguas abajo de la obra de regulación modelada, correspondiente a Calama, aumenta en todos los sub-escenarios planteados, respecto del escenario de referencia (E0). Sin embargo, en el S2 y en el S3 se aprecia que este aumento no alcanza SR del 86,2% obtenida en S1 y S5, lo que se explica porque estos sub-escenarios consideran sólo el uso de “Derechos eventuales”, los cuales representan una menor cantidad de agua embalsada.

El respaldo digital de este Escenario en el modelo WEAP, se presenta en el Anexo 11-2.

## 11.7. Escenario 5 (E5): Cambio de Operación en Embalse Conchi

### 11.7.1. Descripción

Actualmente el Embalse Conchi se encuentra operativo, y sus entregas están destinadas a satisfacer usos industriales, mineros y de agua potable, además de abastecer las necesidades de riego del Loa, donde se encuentran las zonas de Lasana, Chiu Chiu y Calama.

En la salida del Embalse Conchi se encuentra la estación fluviométrica Río Loa en Salida Embalse Conchi. Considerando la información de esta estación, se pudo establecer los caudales de salida observados del embalse y de esta forma los recursos hídricos disponibles como resultado de la operación actual (Escenario base o E0), el cual no contempla las modificaciones que dispondrá el E5.

En el E5, se consideró analizar el efecto de operar el embalse Conchi realizando una distribución de los recursos hídricos del embalse sólo empleando reglas genéricas orientadas a la satisfacción de la demanda de las zonas de riego mencionadas.

Para la modelación, se consideran las demandas futuras, o de la Situación con Proyecto (SCP) en las zonas de riego aludidas, manteniéndose las superficies de riego indicadas anteriormente en el Cuadro 11.2-1.

### 11.7.2. Método de Modelación

Desde el punto de vista del modelo se cuantificará en términos de Seguridad de Riego (SR) y porcentaje de Satisfacción de la Demanda (SD), el beneficio que produce el cambio de operación del embalse en los sectores de riego de Lasana Chiu Chiu y Calama.

Los cambios son representados mediante la incorporación de un "Reservoir" o embalse al modelo en WEAP, que considera las características físicas que tiene el embalse Conchi y que son descritas en detalle en el Estudio Hidrológico y Operacional del Embalse Conchi (1978), realizado por CONIC BF para la Dirección Obras Hidráulicas del MOP.

De forma de conocer los caudales afluentes al embalse, se estimaron nuevos caudales de forma estocástica, los que fueron incluidos como input al embalse, reemplazando la información de la estación "Río Loa en Salida de Embalse Conchi", por aquella que el modelo entrega como resultado de la operación del embalse modelado. Esta generación estocástica de los caudales afluentes al embalse Conchi, se llevó a cabo utilizando los escasos datos registrados por la estación fluviométrica DGA "Río Loa en Vado Santa Bárbara" (ver Figura 11.7.2-1) ubicada aguas arriba del embalse, con la cual se calcularon promedios mensuales y desviaciones estándar, luego de lo cual se ajustó una función log-normal inversa con un impacto aleatorio. De esta forma se generaron 30 años de datos manteniendo los estadísticos mensuales de la serie observada. El Gráfico 11.7.2-1 muestra la comparación entre los promedios mensuales observados v/s los generados, y puede verse que la serie generada y la observada son muy similares, obteniéndose un coeficiente de Nash-Sutcliffe de 0,98. Posteriormente, en el Gráfico 11.7.2-2 se ve la curva de variación estacional de los caudales aportantes al Embalse Conchi.

El respaldo de la generación estocástica puede verse en el Anexo 11-3.

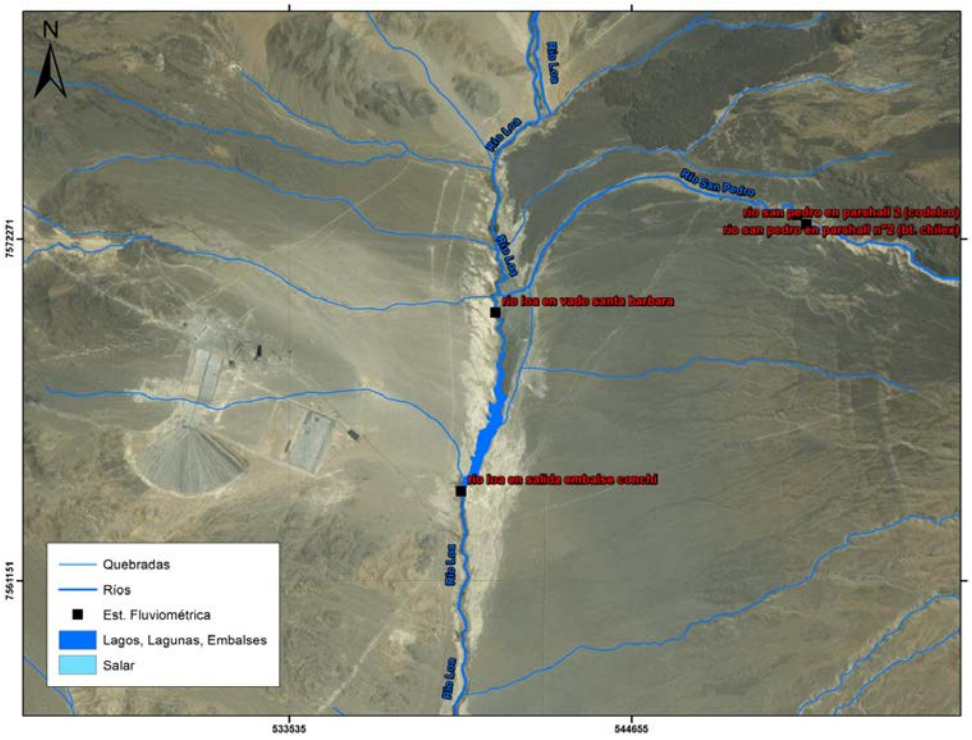



**FIGURA 11.7.2-1**
**UBICACIÓN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA "RÍO LOA EN VADO SANTA BÁRBARA"**

Fuente: Elaboración propia.

Dentro de las características físicas atingentes al embalse Conchi, el modelo permite ingresar la capacidad total, curva de embalse, perdidas por evaporación y pérdidas por infiltración (a acuíferos), mientras que dentro de las características operacionales considera año de comienzo de operaciones, capacidad máxima de embalse, reservas para control de crecidas y volumen inactivo o muerto.

El Embalse Conchi tiene una capacidad total de 23 $hm^3$ y un volumen muerto de 1,1 $hm^3$. La curva de capacidad de embalse se representa gráficamente en el Gráfico 11.7.2-3.

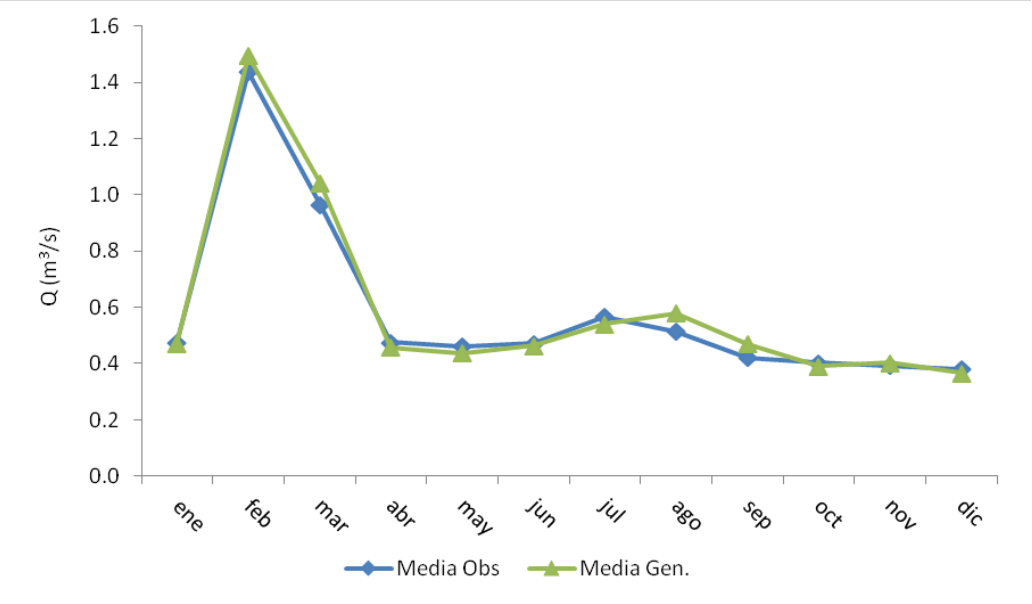



**GRÁFICO 11.7.2-1**
**COMPARACIÓN ENTRE CAUDALES OBSERVADOS Y GENERADOS EN RÍO LOA EN VADO SANTA BÁRBARA**

Fuente: Elaboración propia.

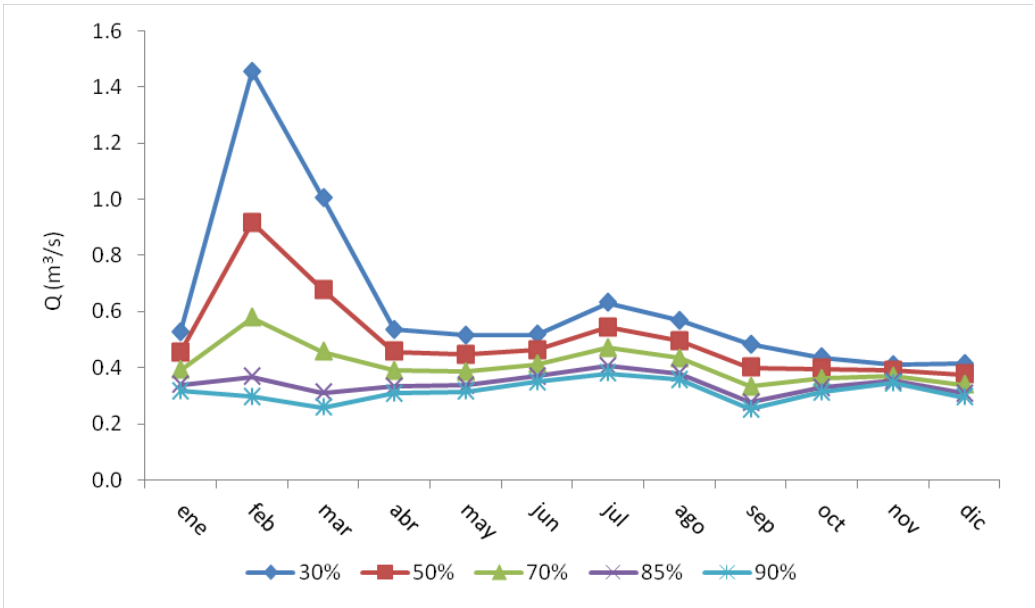



**GRÁFICO 11.7.2-2**
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL EN RÍO LOA EN VADO SANTA BÁRBARA**

Fuente: Elaboración propia.

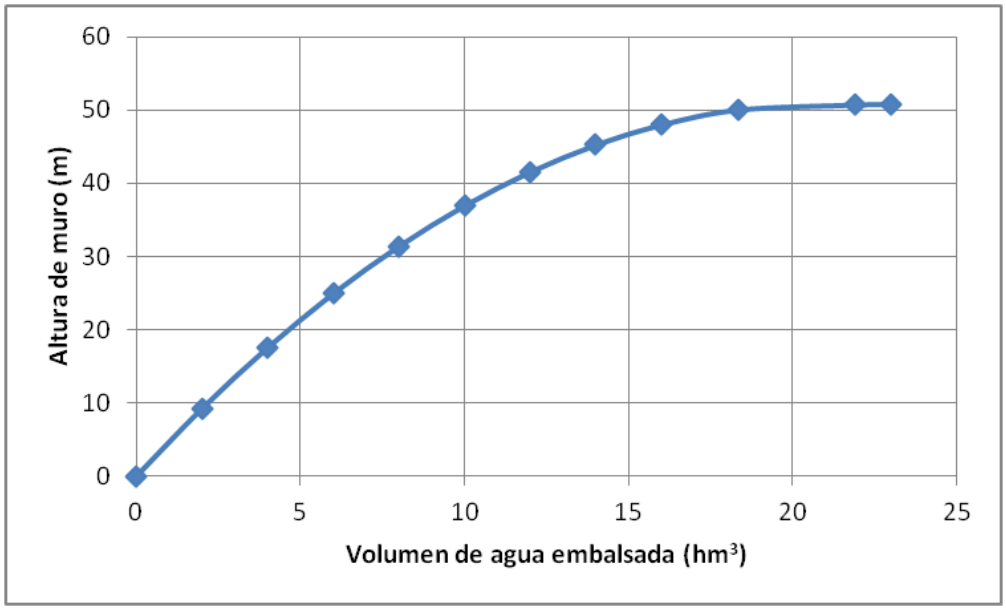



**GRÁFICO 11.7.2-3**
**CURVA DE EMBALSE, EMBALSE CONCHI**

Fuente: Planilla Excel DOH "Embalse Conchi Observaciones Mensuales" (2016)

11.7.3. Resultados

Se obtuvieron los caudales de entrada y salida del embalse Conchi, además del Volumen total almacenado a lo largo del tiempo, lo que se representa en el Gráfico 11.7.3-1. Como puede verse, el embalse alcanza llenos totales de manera muy esporádica y disminuye hasta vaciar totalmente su volumen útil de forma recurrente, dejando sólo el volumen muerto (1,1 hm³).

El cambio de operación del embalse Conchi en E5, considerando la modelación realizada, hace que la cobertura de la demanda de riego varíe para las tres zonas de riego aludidas (Chiu Chiu, Lasana y Calama), encontrándose en torno al 90% , para el más crítico (enero) de la zona de riego de Calama, con una seguridad de riego del 37,9%, mientras que para las Zonas de riego de Chiu Chiu y Lasana, el período crítico disminuye a sólo tres meses (diciembre enero-febrero) siendo el mes más crítico el de enero con un 66% de cobertura y con una seguridad de riego del 31% para ambas zonas.

Se debe recordar que en el E5, la modelación considera variaciones en la demanda del recurso hídrico (demandas futuras), lo que incrementa las necesidades del recurso en los sectores de riego. Por lo tanto, los resultados de cobertura de riego obtenidos, se explican tanto por el aumento en la disponibilidad de agua que otorga el cambio de operación del embalse Conchi, como también por la variación en las demandas futuras para uso agrícola de estos sectores de riego. Las demandas futuras fueron calculadas considerando los criterios expuestos en el Capítulo 12 (Demandas de agua para uso agrícola, Situación con Proyecto).

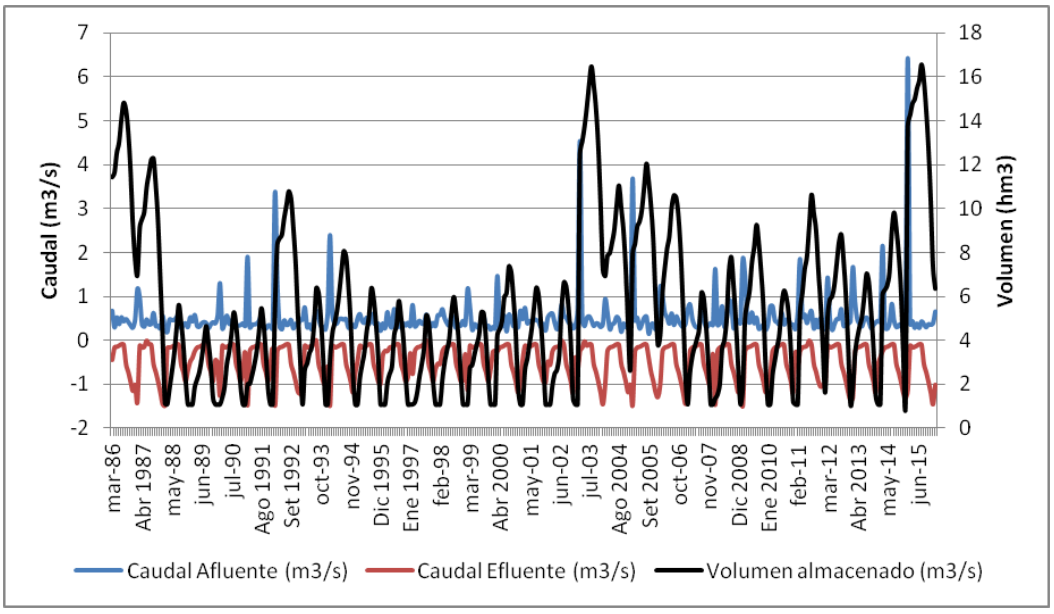



**GRÁFICO 11.7.3-1**
**BALANCE EMBALSE CONCHI, TAMAÑO ÓPTIMO**

Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 11.7.3-2 muestra la variación mensual de la Satisfacción de la demanda (SD) para los tres sectores de riego de interés, mientras que en el Cuadro 11.7.3-1, se resume el comportamiento de la SR y SD en las distintas zonas de riego consideradas, para E5 en paralelo con la situación base E0.

Se observa que las zonas de riego de Calama, Chiu Chiu y Lasana son sectores que se ven positivamente y directamente influenciados por el cambio de operación del embalse Conchi por encontrarse aguas abajo de él. No obstante no son los únicos sectores de riego que varían con este cambio de operación. Lo anterior ocurre debido a que en la modelación realizada, todos los sectores de riego tienen la misma prioridad de satisfacción de la demanda que les corresponden, por lo tanto, el modelo prorratea en forma alícuota cuando el río lleva poca agua. Si los sectores ubicados aguas abajo del embalse pueden suplirse con el agua embalsada, entonces los sectores que están arriba del embalse ya no tienen que tributar, y por lo tanto aumentan también su seguridad de riego. Es por ello que el sector de riego de Toconce, que se encuentra en el Río Salado, aumenta su seguridad de riego ya que no debe tributar hacia Calama.

El respaldo digital de este Escenario en el modelo WEAP, se presenta en el Anexo 11-2.

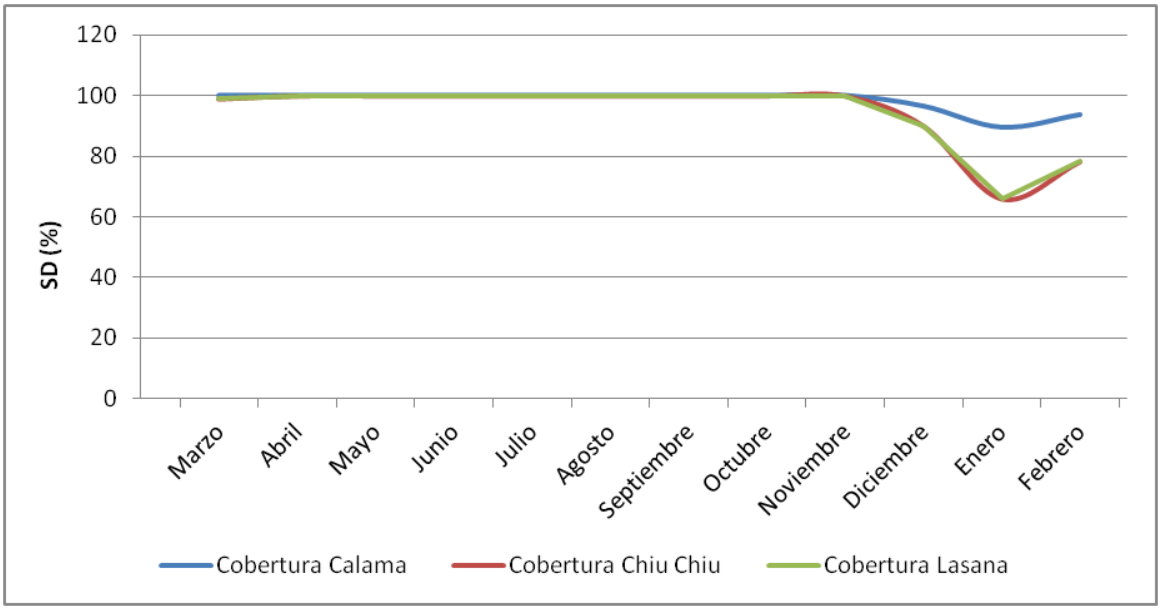



**GRÁFICO 11.7.3-2**
**SATISFACCIÓN DE LA DEMANDA (SD) MEDIA MENSUAL, ZONAS DE RIEGO DE CALAMA, CHIU CHIU Y LASANA**

**CUADRO 11.7.3-1**
**RESUMEN SEGURIDADES DE RIEGO (%) PARA EL ESCENARIO 5 MODELADO**

| | E0 | | E5 | |
|---|---|---|---|---|
| | SR (%) | SD (%) | SR (%) | SD (%) |
| **Calama** | 24,1 | 97,3 | 37,9 | 98,3 |
| **Caspana** | 0,0 | 69,0 | 0,0 | 69,0 |
| **Chiu Chiu** | 0,0 | 86,6 | 31 | 94,4 |
| **Lasana** | 0,0 | 86,7 | 31 | 94,4 |
| **Toconce** | 24,1 | 97,3 | 37,9 | 98,3 |

Fuente: Elaboración propia.

## 11.8. Escenario 6 (E6): Mejoramiento de la Calidad de Aguas

### 11.8.1. Descripción

Ya habiendo calibrado el modelo de calidad de aguas, se generó un proyecto teórico de desvío de aguas con el fin de evaluar la eventual mejoría de la calidad de las aguas en el río Salado. A partir de la construcción del modelo de calidad de aguas, y de la revisión de las estaciones de control y puntos de monitoreo, se determinó que los cauces de río que aportan las mayores cantidades de salinidad son el Río Salado en su tramo antes de juntarse con el Toconce, el río Hojalar y una Quebrada "Sin Nombre 1" ubicada entre el Hojalar y el Curti que también aporta al Río Salado. Para llegar a dichas conclusiones, se analizaron los resultados de

la primera campaña de monitoreo y de las estaciones de la DGA (promedios generales) ubicadas en la cuenca alta del Río Salado. A modo de ejemplo, se presenta la Figura 11.8.1-1, donde se ven los distintos puntos donde se conoce la calidad de las aguas, y su comportamiento a lo largo de los cauces para el parámetro Conductividad Eléctrica (CE). Los resultados de la segunda campaña de monitoreo, que estuvieron listos después de la confección del modelo de calidad de aguas, fueron empleados para la validación de los supuestos adoptados en la calibración.

A partir de la Figura 11.8.1-1, se ha construido el esquema simplificado que se muestra en la Figura 11.8.1-2, que permite comprender de mejor manera los flujos asociados. Como puede verse, en la cabecera del Río Toconce (estación DGA) existe una CE promedio de 865 µmhos/cm, la cual aumenta a 1.431 µmhos/cm a la altura del punto AL-1, lo cual implica un aporte salino en el tramo ya recorrido. Posteriormente, en el punto AL-3 la CE llega a 5.420 µmhos/cm, lo cual implica un fuerte aumento y permite suponer que existe un aporte significativo en los tramos intermedios. Precisamente en estos tramos es donde se reciben los aportes de los ríos Hojalar y Salado, por lo que se concluye que estos cauces traen un fuerte aporte salino. Posteriormente, a la altura de la estación DGA "Río Salado en Ayquina", la CE vuelve a aumentar hasta un valor de 5.925 µmhos/cm, habiendo recibido los aportes intermedios de los ríos Curti y Sin Nombre 1. Sin embargo, la CE del Río Curti se conoce debido al punto AL-2, en el cual se marca una CE de 3.218 µmhos/cm. Dado que en la estación DGA de Ayquina, la CE aumenta respecto del punto AL-3, y que la CE en AL-2 es más baja que la de AL-3, se puede concluir que existe un aporte intermedio que hace aumentar la CE a los niveles registrados en Ayquina. El único aporte intermedio observado es el río Sin Nombre 1, el cual entrega aguas justo abajo de AL-3. El análisis realizado permite concluir entonces, que los aportes salinos más relevantes están dados por los ríos Salado (antes de su junta con el Toconce), Hojalar y Sin Nombre 1. El resto de los parámetros se comportan de manera equivalente.

Finalmente, y para verificar lo antes aseverado, se incluyeron en la segunda campaña de calidad de aguas (ver Capítulo 4), 3 nuevos puntos, cuyos resultados estuvieron disponibles posterior a la confección del Modelo de Calidad de Aguas, pero que sin embargo sirvieron para validar la construcción y calibración realizada. Los 3 nuevos puntos corresponden a NU-1, NU-2 y NU-3, y sus resultados se incluyen en la Figura 11.8.1-3. Como puede verse, el resultado de NU-1 (2.362 µmhos/cm) permite demostrar que el Hojalar trae un fuerte aporte salino, el NU-2 por su parte (7.380 µmhos/cm) demuestra que el Río Salado trae una alta carga salina, y por último el NU-3 (11.380 µmhos/cm) también demuestra lo antes supuesto, respecto de la alta carga salina que trae el río Sin Nombre 1. Con lo anterior se valida lo supuesto desde un comienzo, respecto de considerar a estos 3 cauces ya mencionados como aquellos de mayor aporte salino.

La Figura 11.8.1-4 muestra la ubicación de los 3 cauces identificados como responsables de aportar la mayor salinidad a las aguas del Río Salado, destacados con líneas rojas.

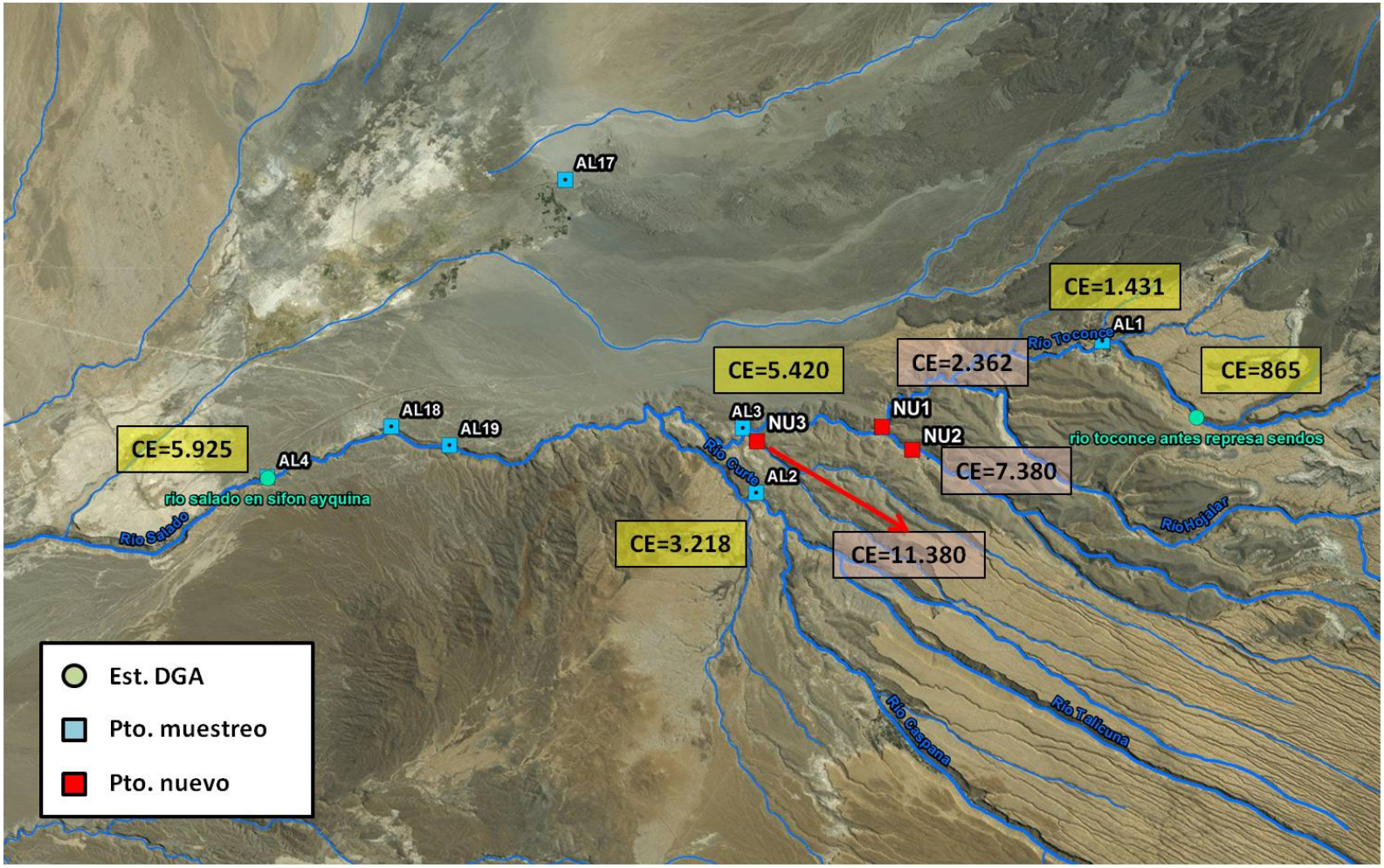



**FIGURA 11.8.1-1**
**EJEMPLO. COMPORTAMIENTO CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN CUENCA ALTA DEL RÍO SALADO (µMHOS/CM)**

Nota: Puntos AL-18 y AL-19 no entran al análisis ya que son puntos muestreados en vertientes

Fuente: Elaboración propia.

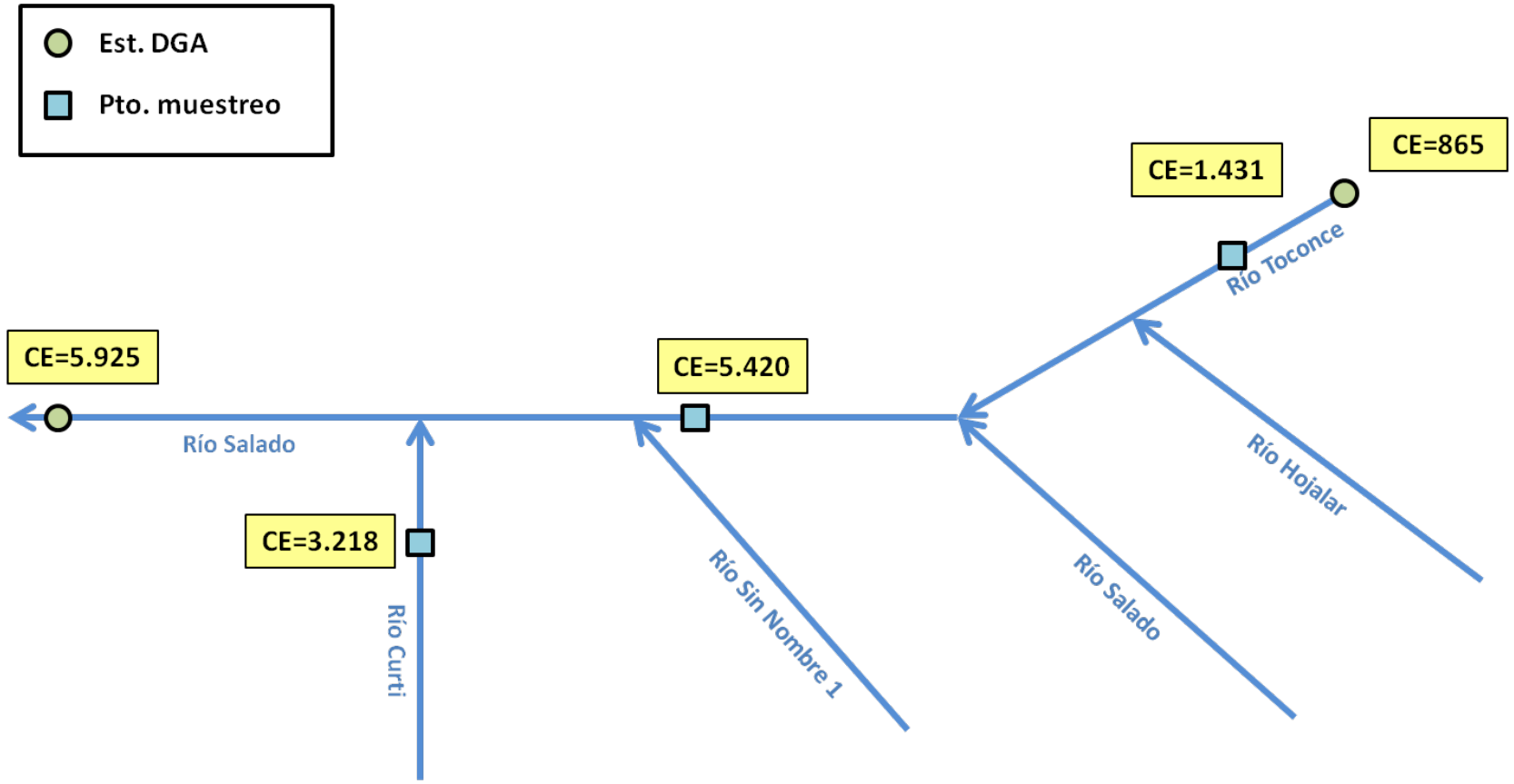



**FIGURA 11.8.1-2**
**EJEMPLO. ESQUEMA COMPORTAMIENTO CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN CUENCA ALTA DEL RÍO SALADO (µMHOS/CM)**

Fuente: Elaboración propia.

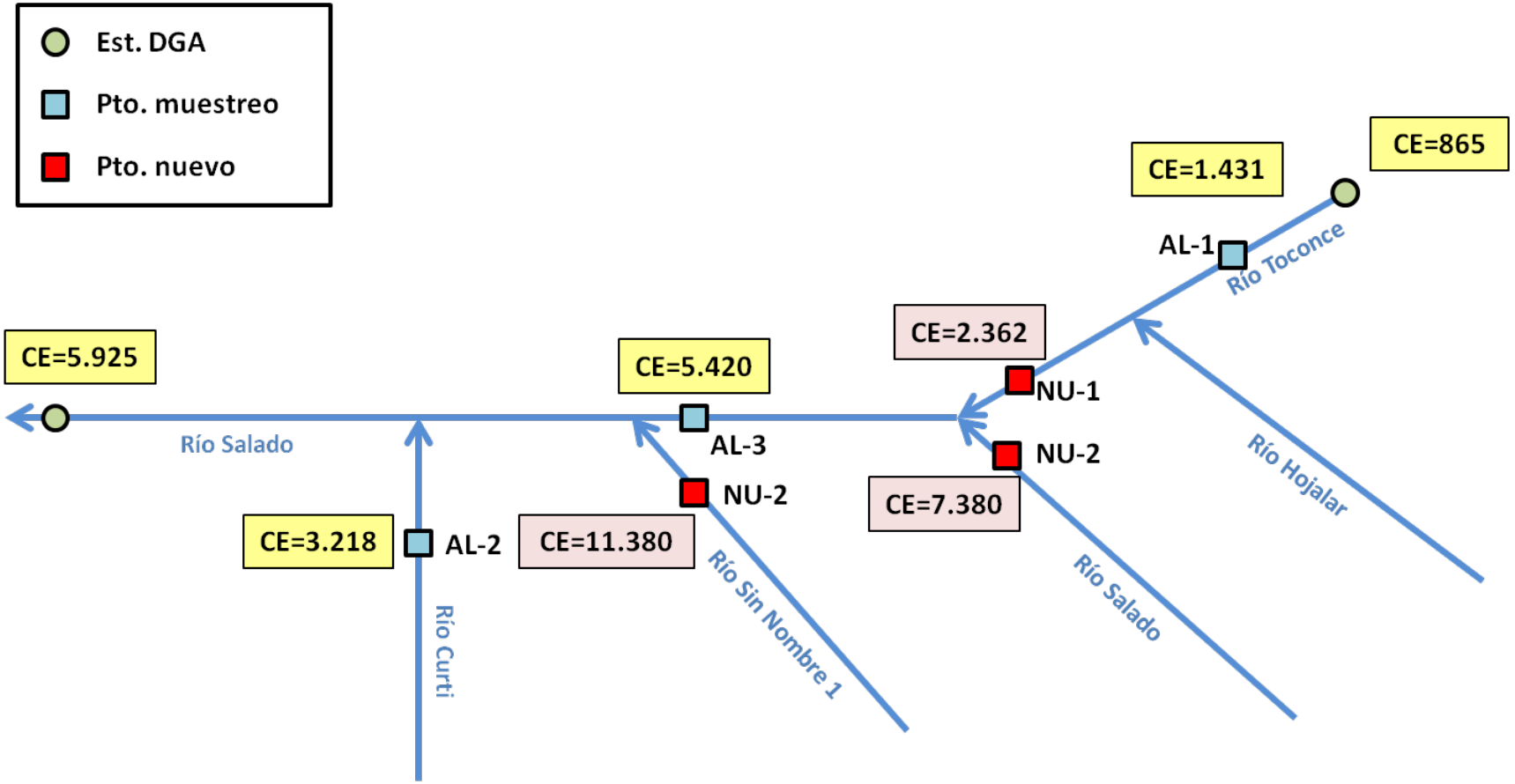



**FIGURA 11.8.1-3**
**EJEMPLO. ESQUEMA COMPORTAMIENTO CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN CUENCA ALTA DEL RÍO SALADO INCLUYENDO LOS PUNTOS NUEVOS MUESTREADOS (µMHOS/CM)**

Fuente: Elaboración propia.

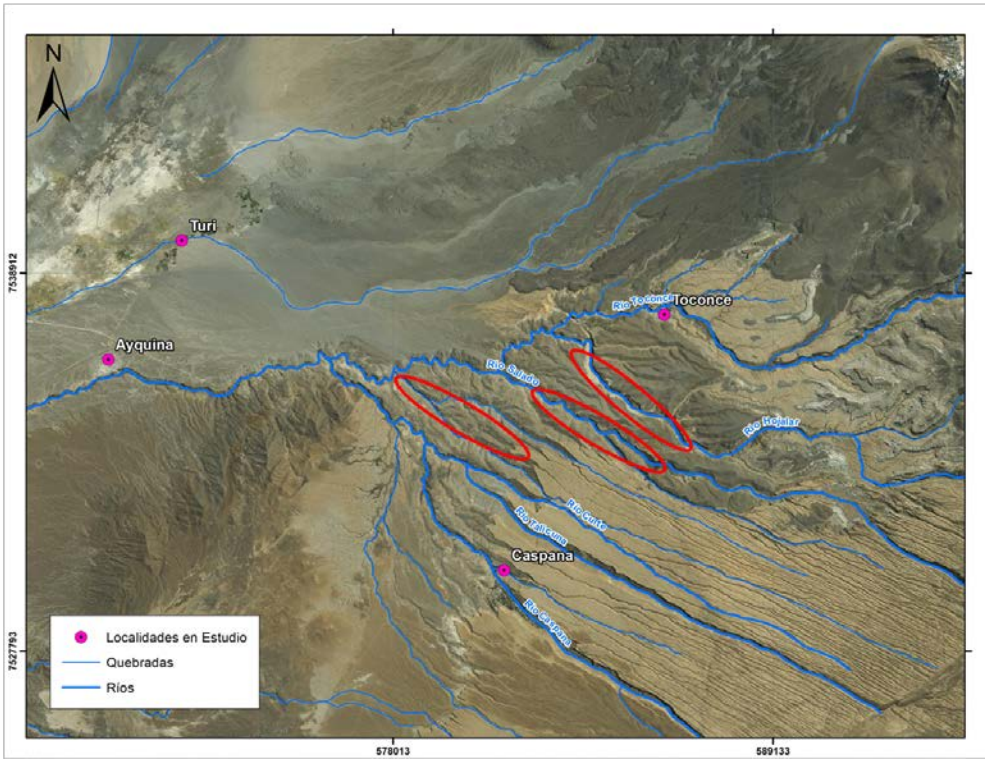



**FIGURA 11.8.1-4**
**CAUCES IDENTIFICADOS COMO LOS PRINCIPALES APORTES DE SALINIDAD**

Fuente: Elaboración propia.

## 11.8.2. Método de Modelación

A partir de la información antes señalada, se ha planteado un escenario de desvío de cauces con el fin de evitar que las aguas de estos tres ríos se mezclen con el río Salado empeorando su calidad. La idea original consiste en desviar los 3 cauces mencionados, y conducirlos hasta algún sector de las pampas aledañas donde se pueda evaporar el agua sin volverla a llevar al río Salado. Se han planteado 4 sub-escenarios:

1. Sub Escenario 1 (S1): Consiste en desviar sólo el Río Hojalar.

2. Sub Escenario 2 (S2): Consiste en desviar sólo el Río Salado.

3. Sub Escenario 3 (S3): Consiste en desviar sólo la Quebrada Sin Nombre 1.

4. Sub Escenario 4 (S4): Consiste en desviar los 3 cauces en forma simultánea.

Cada sub escenario es configurado usando el elemento “Diversion” (desviación) en WEAP, con la cual se puede desviar un determinado porcentaje de las aguas pasantes por un punto particular de un cauce. En la Figura 11.8.2-1 puede verse el esquema topológico del

escenario configurado. En dicha figura, los “Diversion” corresponden a las flechas de color naranjo.

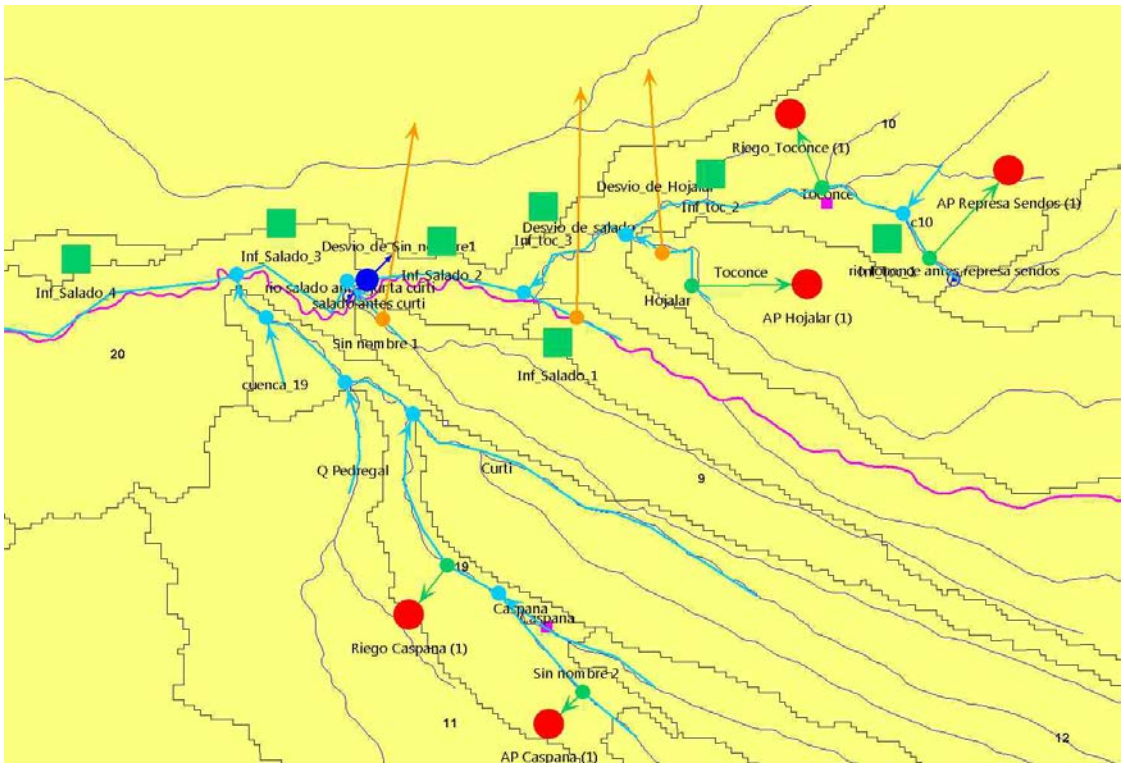



**FIGURA 11.8.2-1**
**CAUCES IDENTIFICADOS COMO LOS PRINCIPALES APORTES DE SALINIDAD**

Fuente: Elaboración propia.

Dado que el desvío de los cauces produce una merma de caudal en el cauce principal del Río Salado, este escenario tiene repercusiones tanto a nivel de caudal como de calidad de aguas. Adicionalmente, este escenario considera un cambio en la estructura de los cultivos y un cambio en las demandas de riego, ya que, al plantearse la posibilidad de una mejora en la calidad de las aguas, automáticamente surge la posibilidad de cambiar a métodos de riego más eficientes y cultivar otras especies. Por dicho motivo, cada uno de los sub-escenarios se modeló bajo 2 demandas distintas: las demandas de la situación con proyecto de calidad de aguas (considerando métodos más eficientes), y las demandas de situación actual con el fin de comparar ambos extremos.

## 11.8.3. Resultados

El Cuadro 11.8.3-1 resume el impacto de todos los sub escenarios a nivel de los indicadores Satisfacción de la Demanda (SD) y Seguridad de Riego (SR) tanto para la situación de las demandas de riego actuales, como para las demandas futuras en situación con mejora de calidad de aguas. Como puede verse en el Cuadro 11.8.3-1, en situación actual todos los

sectores bajan o mantienen la SR y SD respecto de E0, ya que los desvíos de los cauces implican una merma de caudal disponible para riego. Por otro lado, en situación futura se ve que todos los sectores suben tanto su SD como su SR respecto de la situación actual (E0) destacándose Calama, que sube su SR de 24,1% a 100% en los 4 sub escenarios, al igual que Toconce. Debe tenerse en cuenta eso si, que el aumento de las SD y SR está dado principalmente por la disminución de las demandas de riego y no por los proyectos de trasvases, ya que en rigor, el caudal disponible en el río Salado aguas debajo de su confluencia con el Curti, es menor en E4 que en E0, y tal como se ve en el Cuadro 11.8.3-1, al mantener las demandas actuales, las SD y SR disminuyen.

**CUADRO 11.8.3-1**
**RESULTADO DEL ESCENARIO E4 SOBRE SD Y SR (%)**

| Sector de Riego | E0 | | E4 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | |
| | SR | SD | SR | SD | SR | SD | SR | SD | SR | SD |
| **DEMANDAS DE RIEGO ACTUALES** | | | | | | | | | | |
| **Calama** | 24,1 | 97,3 | 24,1 | 97,2 | 17,2 | 96,2 | 24,1 | 97,2 | 17,2 | 95,9 |
| **Caspana** | 0,0 | 69,0 | 0,0 | 69,0 | 0,0 | 69,0 | 0,0 | 69,0 | 0,0 | 69,0 |
| **Chiuchiu** | 0,0 | 86,6 | 0,0 | 86,6 | 0,0 | 86,4 | 0,0 | 86,6 | 0,0 | 86,3 |
| **Lasana** | 0,0 | 86,7 | 0,0 | 86,7 | 0,0 | 86,4 | 0,0 | 86,7 | 0,0 | 86,4 |
| **Toconce** | 24,1 | 97,3 | 24,1 | 97,2 | 17,2 | 96,2 | 24,1 | 97,2 | 17,2 | 95,9 |
| **DEMANDAS DE RIEGO FUTURAS CON MEJOR CALIDAD DE AGUA** | | | | | | | | | | |
| **Calama** | 24,1 | 97,3 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| **Caspana** | 0,0 | 69,0 | 0,0 | 80,7 | 0,0 | 80,7 | 0,0 | 80,7 | 0,0 | 80,7 |
| **Chiuchiu** | 0,0 | 86,6 | 3,4 | 92,4 | 3,4 | 92,4 | 3,4 | 92,4 | 3,4 | 92,4 |
| **Lasana** | 0,0 | 86,7 | 3,4 | 92,4 | 3,4 | 92,4 | 3,4 | 92,4 | 3,4 | 92,4 |
| **Toconce** | 24,1 | 97,3 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia.

Respecto de la calidad de las aguas, el cambio más relevante es aquel que se puede apreciar en el único sector regado con agua de río ubicado aguas abajo de la zona de los trasvases, es decir Calama. El impacto de cada sub escenario en la calidad del agua puede verse en el Cuadro 11.8.3-2 que resume tanto los sub-escenarios con las demandas de riego actuales como la situación de las demandas de riego futuras para la situación de mejora de calidad de aguas.

**CUADRO 11.8.3-2**
**IMPACTO SOBRE LA CALIDAD DE AGUAS EN CALAMA**

| Parámetro | Valor medio | | | | | Abatimiento promedio (%) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | E0 | S1 | S2 | S3 | S4 | E0 | S1 | S2 | S3 | S4 |
| **DEMANDAS ACTUALES** | | | | | | | | | | |
| **Conductividad Eléctrica (µmhos/cm)** | 6.214,4 | 6.177,3 | 5.638,7 | 6.079,2 | 5.441,3 | 0,00 | 0,60 | 9,26 | 2,18 | 12,44 |
| **Cloruros (mg/L)** | 1.833,2 | 1.825,4 | 1.715,4 | 1.736,4 | 1.601,3 | 0,00 | 0,43 | 6,43 | 5,28 | 12,65 |
| **Boro (mg/L)** | 13,7 | 13,6 | 11,8 | 13,5 | 11,4 | 0,00 | 0,91 | 14,30 | 1,31 | 17,01 |
| **Arsénico (mg/L)** | 0,106 | 0,108 | 0,140 | 0,109 | 0,147 | 0,00 | -1,71 | -32,52 | -3,27 | -39,09 |
| **DEMANDAS DE RIEGO FUTURAS CON MEJOR CALIDAD DE AGUA** | | | | | | | | | | |
| **Conductividad Eléctrica (µmhos/cm)** | 6.214,4 | 6.061,9 | 5.525,9 | 5.952,1 | 5.358,3 | 0,00 | 2,45 | 11,09 | 4,22 | 13,78 |
| **Cloruros (mg/L)** | 1.833,2 | 1.785,1 | 1.676,3 | 1.696,2 | 1.571,2 | 0,00 | 2,63 | 8,56 | 7,48 | 14,29 |
| **Boro (mg/L)** | 13,7 | 13,4 | 11,6 | 13,3 | 11,3 | 0,00 | 2,08 | 15,51 | 2,85 | 17,55 |
| **Arsénico (mg/L)** | 0,106 | 0,094 | 0,126 | 0,096 | 0,131 | 0,00 | 11,16 | -18,92 | 8,80 | -23,62 |

Fuente: Elaboración propia.

Como puede verse en dichos cuadros, las concentraciones de los parámetros modelados disminuyen en todos los casos respecto de la situación actual (E0) salvo en el caso del Arsénico. De este modo, el Boro pasa de una media anual de 13,7 mg/L en el E0 a 11,3 mg/L con demandas futuras y 11,4 mg/L con demandas actuales, en el S4, que sería el sub escenario más drástico, lo que se traduce en un abatimiento del 17,6% y 17,01% respectivamente. Por su parte la Conductividad Eléctrica pasa de 6.214 µmhos/cm a 5.358 y 5.441 µmhos/cm entre el E0 y S4 con demandas futuras y actuales respectivamente, lo que equivale a un abatimiento del 13,8% y 12,4%. Los Cloruros pasan de 1.833 mg/L a 1.571 y 1.601 mg/L con demandas futuras y actuales respectivamente, entre E0 y S4, lo que equivale a una disminución del 14,3% y 12,7%.

Por su parte el Arsénico, como fue mencionado anteriormente, sube su concentración en 2 sub escenarios con las demandas futuras y en todos los sub-escenarios con demandas actuales, y esto se debe a su carácter no conservativo y a la disminución del caudal en el río Salado producto de los desvíos.

En situación con demandas futuras, este aumento de concentración sólo se experimenta en el S2 y S4, ya que en S1 y S3 se experimenta una disminución. En el caso de S2 y S4, el aumento de la concentración de Arsénico se debe a que el caudal del río Salado disminuye en un nivel tal, que pierde la capacidad de diluir los aportes intermedios del parámetro, que recibe el cauce aguas abajo de la zona de los desvíos. Dichos aportes intermedios son altos ya que, el carácter no conservativo del Arsénico implica un decaimiento a lo largo del cauce. Dicho a que el aporte intermedio fue obtenido como resultado del proceso de calibración y fue determinado con el fin de que los niveles modelados cumplieran con lo observado en la estación “Calama en Yalquincha” (ver Capítulo 4). Es por este motivo que, si el caudal del río

baja demasiado, como ocurre en S2 y S4, la capacidad de dilución se afecta de manera tal que no alcanza a decaer lo suficiente al llegar a Calama, obteniéndose concentraciones más altas que en E0. Por su parte en los escenarios S1 y S3, la merma de caudal es baja, por lo que no se ve alterada de manera tan negativa la capacidad de dilución al llegar a Calama, observándose concentraciones menores que en E0. En S2, la concentración de Arsénico sube de 0,106 mg/L a 0,126 mg/L respecto de E0, lo que equivale a un aumento del 19%. En S4, dicho aumento va desde 0,106 mg/L a 0,131 mg/L lo que equivale a un aumento del 24%. Finalmente, en S1, la concentración de Arsénico baja de 0,106 mg/L a 0,094 mg/L respecto de E0, lo que equivale a una disminución del 11%. En S3, dicha baja va desde 0,106 mg/L a 0,097 mg/L lo que equivale a una disminución del 9%.

En situación con demandas actuales, por su parte, este aumento de concentración de Arsénico se experimenta en todos los sub-escenarios. En este caso, el caudal del río Salado en el punto ubicado aguas abajo de los desvíos es menor que en la situación de demandas futuras, ya que, además de los desvíos, las demandas actuales son más altas y por lo tanto queda menos agua en el río. Esto implica que el río Salado pierde aún más la capacidad de diluir los aportes intermedios del parámetro, que recibe el cauce aguas abajo de la zona de los desvíos. Es por este motivo que, si el caudal del río baja demasiado, la capacidad de dilución se afecta de manera tal que no alcanza a decaer lo suficiente al llegar a Calama, obteniéndose concentraciones más altas que en E0. En S1 la concentración de Arsénico sube de 0,106 a 0,108 mg/L (aumento del 1,7%). En S2, la concentración sube de 0,106 mg/L a 0,140 mg/L (aumento de 32,5%). En S3, dicho aumento va desde 0,106 mg/L a 0,109 mg/L (aumento del 3,27 %). Finalmente, en S4, la concentración de Arsénico sube de 0,106 mg/L a 0,147 mg/L (aumento del 39%).

Un análisis sobre el impacto de la calidad de agua en los rendimientos agrícolas, desarrollado a partir de los resultados obtenidos en el presente escenario, puede verse en el Capítulo 12.

El respaldo digital de este Escenario en el modelo WEAP, se presenta en el Anexo 11-2, mientras que los gráficos detallados de cada parámetro en cada sub-escenario pueden verse en el Anexo 11-4.

## 11.9. Escenario 7 (E7): Tubería Río Loa-Calama

### 11.9.1. Descripción

Este escenario canaliza las aguas del río Loa llevándolas directamente a Calama, abasteciendo esta zona de riego sólo con dicho río.

Lo anterior se sustenta en que el río Loa posee aguas con una mejor calidad que las provenientes del río Salado, por lo que la conexión directa entre la zona de riego de Calama y el

río Loa permitirían que las actividades agrícolas llevadas a cabo contarán con un suministro hídrico menos contaminado, similar a la calidad del suministro que poseen las zonas de riego de Lasana y Chiu Chiu.

Adicionalmente, se debe considerar que en el río que se intervendría (Loa) existe actualmente una obra de regulación, Embalse Conchi, el cual actualmente tiene una operación que permite abastecer a distintos usos del agua en la zona.

Considerando lo anterior, este consultor estima pertinente conocer, al menos teóricamente, qué sucedería si dicha obra operara exclusivamente para riego, de forma de dar abasto a la nueva demanda del recurso que se le esta adicionando.

De esta forma los sub-escenarios de modelación que se contemplaron son los siguientes:

- **Sub-escenario 7A(S1):** By Pass Loa-Zona de riego Calama, considerando una operación del embalse Conchi de la forma en que opera actualmente.
- **Sub-escenario 7B(S2):** By Pass Loa Salado, considerando un cambio en la operación del embalse Conchi de forma exclusiva para su uso en riego.

### 11.9.2. Método de Modelación

Para la modelación, se consideró modificar esquemáticamente la bocatoma de la zona de riego de Calama, al río Loa, justo antes de que éste se junte con el río Salado.

Para la diferenciación de los sub-escenarios, se consideraron los datos empíricos de la salida de caudales del embalse Conchi hacia aguas debajo de él, entregados por la DOH en una Planilla Excel denominada “Embalse Conchi Observaciones Mensuales” (2016)) (Sub-escenario 7A, S1), así como también la información teórica que entrega el modelo, una vez caracterizado este embalse física y operacionalmente según el Estudio Hidrológico y Operacional del Embalse Conchi (1978), realizado por CONIC BF para la DOH. (sub-escenario 7B, S2).

### 11.9.3. Resultados

Los 2 sub-escenarios modelados afectan tanto la cantidad como la calidad del recurso hídrico que llega a la zona de riego de Calama

Respecto a la cantidad de recurso hídrico, el Cuadro 11.9.3-1 muestra las seguridades de riego y satisfacción de la demanda obtenidas por cada sub-escenario, considerando las superficies de riego actual. Respecto a la zona de riego de Calama, para ambos

sub-escenarios, estos dos parámetros se ven afectados negativamente por la disminución de la oferta del recurso al ya no contar con el río Salado como aporte, así también las zonas de riego ya existentes en dicho río se ven afectadas negativamente a causa de la repartición alícuota que se produce en el río Loa entre los zonas de riego ya existentes (Lasana y Chiu Chiu) y esta nueva zona de Riego que se adiciona (Calama). Esta afectación es más drástica para el caso de la seguridad de riego, donde Para ambos sub-escenarios, se observa la disminución a 0 de la Seguridad de Riego respecto del Escenario base o E0.

**CUADRO 11.9.3-1**
**SR Y SD (%) PARA SUB-ESCENARIO 7A (S1) Y 7B (S2)**

| | E0 | | E7a (S1) | | E7b (S2) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | SR (%) | SD (%) | SR (%) | SD (%) | SR (%) | SD (%) |
| **Ayquina** | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| **Calama** | 24,1 | 97,3 | 0,0 | 47,6 | 0,0 | 53,3 |
| **Caspana** | 0,0 | 69,0 | 0,0 | 69,0 | 0,0 | 69,0 |
| **Chiu Chiu** | 0,0 | 86,6 | 0,0 | 47,6 | 0,0 | 53,3 |
| **Lasana** | 0,0 | 86,7 | 0,0 | 48,0 | 0,0 | 53,6 |
| **Toconce** | 24,1 | 97,3 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte se calculó la superficie que sería posible regar considerando abastecer las distintas zonas de riego con un 85% de seguridad. Este resultado se muestra en el Cuadro 11.9.3-2. Se aprecia la disminución de la superficie de riego en las zonas de Calama, Lasana, Chiu Chiu y Caspana. En el Sub-escenario 7A (S1) y para el caso de Calama esta disminución equivale a un 12.5% de la superficie actual, mientras que en el Sub-escenario 7B disminuye a un 33% de la superficie actual

**CUADRO 11.9.3-2**
**SUPERFICIES DE RIEGO CON SEGURIDAD DEL 85%**
**SUB-ESCENARIOS 7A (S1) Y 7B (S2) (HA)**

| | E0 | E7A (S1) | E7B (S1) |
|---|---|---|---|
| **Riego Ayquina** | - | - | - |
| **Riego Calama** | 454,9 | 56,9 | 150,1 |
| **Riego Caspana** | 71,6 | 30,1 | 30,1 |
| **Riego Chiu Chiu** | 164,8 | 20,6 | 54,4 |
| **Riego Lasana** | 38,6 | 4,8 | 12,7 |
| **Riego Toconce** | 30,0 | 30,0 | 30,0 |

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la calidad del recurso hídrico se tiene que para ambos sub-escenarios se producen bajas considerables en todos los parámetros analizados a excepción del Arsénico (Ver

Cuadro 11.9.3-3). Interesa destacar el parámetro Conductividad eléctrica que para el caso del Sub-escenario 7A (S1) baja en un 40% respecto del Escenario 0, mientras que para el caso del Sub-escenario 9B baja en más del 50% % respecto del Escenario 0.

**CUADRO 11.9.3-3**
**CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO PARA SUB-ESCENARIOS 7A (S1) Y 7B (S2)**
**RESULTADOS PARA CALAMA**

| Parámetro | E0 | E7a (S1) | E7b (S2) |
|---|---|---|---|
| **Conductividad Eléctrica (µmhos/cm)** | 6.214 | 2.714,84 | 3.233 |
| **Cloruros (mg/L)** | 1.833 | 655,17 | 816 |
| **Boro (mg/L)** | 13,714 | 10,05 | 12,001 |
| **Arsénico (mg/L)** | 0,106 | 0,138 | 0,752 |

Fuente: Elaboración propia.

El respaldo digital de este Escenario en el modelo WEAP, se presenta en el Anexo 11-2.

## 11.10. Escenario 8 (E8): Manejo Conjunto Turi-Conchi

### 11.10.1. Descripción

Este escenario consiste en modelar una operación conjunta de los Embalses Conchi (existente) y Turi (proyectado). Se han planteado 2 sub-escenarios:

- **E8S1**: El objetivo es operar el Embalse Turi de modo tal que pueda retener las aguas del Río Salado en los meses de verano (noviembre a marzo), con el fin de impedir que el agua de peor calidad pase hacia el sector de Calama en el período de mayor demanda de riego. Esto quiere decir que en los meses de verano, Calama recibirá únicamente aguas del Río Loa más los aportes del río Salado que se sumen aguas abajo del Embalse Turi, las que son de mejor calidad. A su vez, el Embalse Conchi operará de modo tal de satisfacer únicamente las demandas de riego.

- **E8S1+Qeco**: Es idéntico a E8 S1, pero considerando un caudal ecológico (Qeco) en la salida del embalse Turi.

- **E8S2**: En este sub-escenario, el Embalse Turi poseerá una planta de tratamiento de aguas a la salida del mismo. De esta forma podrá entregar agua de buena calidad sin la merma de caudal que implica la interrupción del flujo o los desvíos. A su vez, el Embalse Conchi operará de modo tal de satisfacer únicamente las demandas de riego.

- **E8S2+Qeco**: Es idéntico a E8 S2, pero considerando un caudal ecológico (Qeco) en la salida del embalse Turi.

- **Todos los anteriores pero en modalidad "Embalse Conchi en operación actual"**. Tal como se indica, los escenarios anteriores corren con el Embalse Turi satisfaciendo únicamente necesidades de riego. Este nuevo sets de subescenarios, son equivalentes a los anteriores, pero la operación del Embalse Conchi será igual a la observada en la actualidad. Este sets de subescenarios tendrán el prefijo "**E8b**" para diferenciarse de los anteriores.

### 11.10.2. Método de Modelación

En el caso del E8S1, el método de modelación consiste en incluir a los pies del Embalse Turi una condición de "requerimiento de caudal mínimo", tal que se exija al embalse que se vacíe justo antes de la temporada de verano, esto es en el mes de octubre. Asegurando el vaciado en este mes, el embalse Turi podrá recibir y retener todas las aguas provenientes desde aguas arriba en los meses de verano. Al mismo tiempo, se le incluye al embalse Turi una propiedad de "caudal de entrega máximo" variable mes a mes, tal que en los meses de verano, la entrega máxima sea 0, y en los otros meses pueda entregar normalmente. De esta forma, el embalse Turi no podría liberar agua en los meses de verano, salvo si hubiera un rebalse. Dado que los rebalses ocurrían de forma demasiado frecuente para el tamaño óptimo del embalse Turi (8,35 $hm^3$, determinado en el Escenario 2), se optó por aumentar el tamaño a 17,35 $hm^3$. De esta forma, el embalse pasó de rebalsarse el 28% de los meses de verano, a sólo el 3% de los meses de verano.

Para el caso del E8S2, se incorpora una planta de tratamiento que regula la calidad de aguas en la salida del mismo embalse. De esta forma, el agua que entrega el Embalse Turi poseerá una calidad de agua en un nivel deseado para sus distintos parámetros.

Los resultados que se presentan a continuación, fueron generados con el volumen de 17,35 $hm^3$ e incluyen tanto la cantidad como la calidad de las aguas.

El Qeco, se ha está definido de acuerdo a lo indicado por el DS 14 del Ministerio del Medio Ambiente, del año 2013, modificado en enero de 2015 por el DS 71 del mismo Ministerio. El Qeco resultante para el Río Salado en el punto donde se encuentra el Embalse Turi es de 0,087 $m^3/s$, constante para todos los meses.

### 11.10.3. Resultados

Respecto de la cantidad de agua, y como era de esperarse, la Seguridad de Riego de Calama pasa de 24,1% en el E0 a 6,9% en E8S1, pero 13,8% en E8S1+Qeco (ya que el caudal ecológico que libera el Embalse Turi viene aumentar la satisfacción de la demanda aguas abajo del mismo). Lo anterior se debe a que al interrumpir el caudal del río Salado en los meses de

mayor demanda de riego (verano), las fallas se hacen más frecuentes ya que el Loa no es capaz de abastecer a todo el valle por si solo, bajando la SR. Por su parte, en E8S2, la SR de Calama aumenta al 100%, ya que el Embalse entrega en todos los meses conforme a la demanda, y a esto se suma el hecho que la capacidad del embalse Turi evaluada en el presente escenario es 17,35 $hm^3$, por lo tanto, la SR es mayor que en E0 (sin Embalse Turi) y mayor que en E2 (Embalse Turi con capacidad 8,35 $hm^3$). Por su parte, el E8 S2 + Qeco no experimeta variación respecto de E2S2. El Cuadro 11.10.3-1 muestra las seguridades de riego (SR) y las satisfacciones de la demanda (SD) del presente Escenario (E8) comparado con el E0.

Como puede verse, no sólo la SR de Calama se ve afectada respecto de E0, sino que también la de Chiu Chiu y Lasana. Esto ocurre por los cambios en la operación del embalse Conchi y por la operación conjunta de ambos embalses ya que la mayor oferta hídrica por el lado del río Salado, permite que se liberen recursos por el lado del río Loa.

**CUADRO 11.10.3-1**
**SR Y SD PARA E0 Y E8 (%)**

| | E0 | | E8S1 | | E8S1+Qeco | | E8S2 | | E8S2+Qeco | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | SR | SD | SR | SD | SR | SD | SR | SD | SR | SD |
| **Calama** | 24,1 | 97,3 | 6,9 | 93,6 | 13,8 | 96,6 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| **Caspana** | 0,0 | 69,0 | 0,0 | 69,0 | 0,0 | 69,0 | 0,0 | 69,0 | 0,0 | 69,0 |
| **Chiu Chiu** | 0,0 | 86,6 | 6,9 | 90,0 | 10,3 | 92,8 | 51,7 | 96,4 | 51,7 | 96,4 |
| **Lasana** | 0,0 | 86,7 | 6,9 | 90,1 | 10,3 | 92,8 | 51,7 | 96,4 | 51,7 | 96,4 |
| **Toconce** | 24,1 | 97,3 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, en el E8b (Embalse Conchi en operación actual), la Seguridad de Riego de Calama pasa de 24,1% en el E0 a 3,4% en E8bS1, pero 10,3% en E8bS1+Qeco (ya que el caudal ecológico que libera el Embalse Turi viene aumentar la satisfacción de la demanda aguas abajo del mismo). Lo anterior se debe a que al interrumpir el caudal del río Salado en los meses de mayor demanda de riego (verano), las fallas se hacen más frecuentes ya que el Loa no es capaz de abastecer a todo el valle por si solo, bajando la SR. Por su parte, en E8bS2, la SR de Calama aumenta al 100%, ya que el Embalse entrega en todos los meses conforme a la demanda, y a esto se suma el hecho que la capacidad del embalse Turi evaluada en el presente escenario es 17,35 $hm^3$, por lo tanto, la SR es mayor que en E0 (sin Embalse Turi) y mayor que en E2 (Embalse Turi con capacidad 8,35 $hm^3$). Por su parte, el E8S2+Qeco no experimeta variación respecto de E2S2. El Cuadro 11.10.3-2 muestra las seguridades de riego (SR) y las satisfacciones de la demanda (SD) del Escenario E8b comparado con el E0.

**CUADRO 11.10.3-2**
**SR Y SD PARA E0 Y E8B (%)**

| | E0 | | E8bS1 | | E8bS1+Qeco | | E8bS2 | | E8bS2+Qeco | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | SR | SD | SR | SD | SR | SD | SR | SD | SR | SD |
| **Calama** | 24,1 | 97,3 | 3,4 | 91,8 | 10,3 | 94,5 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| **Caspana** | 0,0 | 69,0 | 0,0 | 69,0 | 0,0 | 69,0 | 0,0 | 69,0 | 0,0 | 69,0 |
| **Chiu Chiu** | 0,0 | 86,6 | 0,0 | 84,4 | 0,0 | 85,8 | 0,0 | 87,1 | 0,0 | 87,1 |
| **Lasana** | 0,0 | 86,7 | 0,0 | 84,5 | 0,0 | 86,9 | 0,0 | 87,1 | 0,0 | 87,1 |
| **Toconce** | 24,1 | 97,3 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia.

Si se compara E8 con E8b (con y sin Qeco, tanto en S1 como en S2), se puede observar que la SR es mayor en el primero ya que el aporte que hace Conchi al riego es más significativo. De igual modo se observa que el impacto sobre retener el agua del verano en Turi es mucho más perjudicial para la SR que el tratamiento de aguas, ya que ésta última perimite mantener la cantidad y mejorar la calidad (como se verá a continuación), no así el segundo.

Respecto de los impactos de este escenario sobre la calidad del agua, se presenta el Gráfico 11.10.3-1 con los resultados de la conductividad eléctrica en Calama para E0, E8S1, E8S1+Qeco, E8S2 y E8S2+Qeco. Como se puede ver en E8S1 y E8S1+Qeco se experimenta una fuerte baja en la CE en los meses de verano (noviembre a marzo), quedando por debajo de los 2.000 µmhos/cm en E8S1 y levemente sobre los 2.000 µmhos/cm en E8S1+Qeco, pero retomando niveles cercanos, e incluso superiores, a E0 en los meses restantes. En el mismo Gráfico, para E8S2 y E8S2+Qeco, se ha considerado una calidad de agua de salida del Embalse Turi igual a 0 µmhos/cm. Si bien esto corresponde a una situación muy optimista, a su vez constituye el techo del beneficio en lo que es calidad de agua en estos subescenarios. Puede observarse que los niveles de CE son menores en E8S2 y E8S2+Qeco que en E0 en todos los meses, y menores que E8S1 y E8S1+Qeco en todos los meses que no son verano, pero a su vez es mayor que E8S1 y E8S1+Qeco en los meses de verano.

El Cuadro 11.10.3-3 resume los promedios anuales y de verano para todos los parámetros en el sector de Calama. Como puede verse, todos los parámetros se ven disminuidos en su concentración, tanto en el promedio anual como en el verano, a excepción del As, el cual sube en la media anual pero disminuye en verano. Las propiedades no conservativas el As hacen que su comportamiento sea contra intuitivo dada la forma en que fue construido este modelo. Por otro lado, no existen diferencias significativas entre E8S2 y E8S2+Qeco en ningún parámetro.

**CUADRO 11.10.3-3**
**CALIDAD DE AGUA RESULTANTE PARA CALAMA EN E0 Y E8**

| Parámetro | Promedio Anual | | | | | Promedio Verano (noviembre-marzo) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | E0 | E8S1 | E8S1+Qeco | E8S2 | E8S2+Qeco | E0 | E8S1 | E8S1+Qeco | E8S2 | E8S2+Qeco |
| Arsénico (mg/L) | 0,106 | 0,328 | 0,241 | 0,200 | 0,192 | 0,095 | 0,076 | 0,050 | 0,099 | 0,099 |
| Boro (mg/L) | 13,7 | 9,4 | 9,91 | 10,2 | 10,2 | 13,42 | 4,01 | 4,94 | 9,19 | 9,19 |
| Cond. Elec. (umohs/cm) | 6.214 | 4.602 | 4.770 | 4.628 | 4.616 | 6.122 | 1.645 | 2.102 | 4.187 | 4.187 |
| Cloruros (mg/L) | 1.833 | 1.391 | 1.432 | 1.534 | 1.528 | 1.781 | 467 | 595 | 1.323 | 1.323 |

Nota: El resultado acá modelado para E8S2 y E8S2+Qeco, considera que el embalse Turi deja en concentración igual a 0 en todos los parámetros.

Fuente: Elaboración propia.

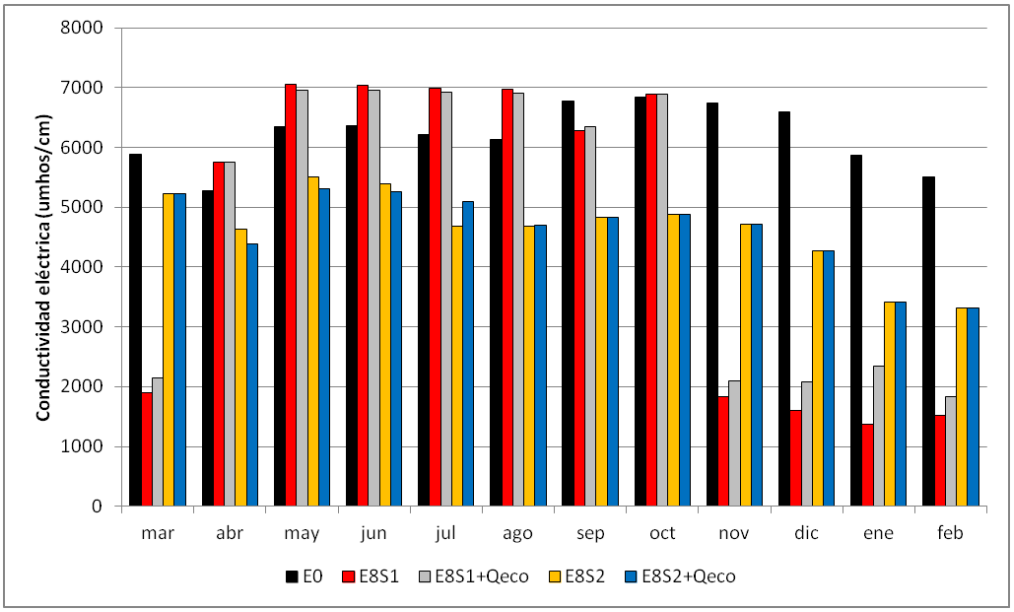



**GRÁFICO 11.10.3-1**
**CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN CALAMA PARA E8 Y E0**

Fuente: Elaboración propia

Respecto de la calidad de agua en el subescenario E8b (tanto en S1, S2, con y sin Qeco), puede verse el Gráfico 11.10.3-2 con los resultados de la conductividad eléctrica en Calama para E0, E8bS1, E8bS1+Qeco, E8bS2 y E8bS2+Qeco. Como se puede ver en E8bS1 y E8bS1+Qeco se experimenta una fuerte baja en la CE en los meses de verano (noviembre a marzo), quedando por debajo de los 2.000 µmhos/cm en E8bS1 y levemente sobre los 2.000 µmhos/cm en E8bS1+Qeco, pero retomando niveles cercanos, e incluso superiores, a E0 en los

meses restantes. En el mismo Gráfico, para E8bS2 y E8bS2+Qeco, se ha considerado una calidad de agua de salida del Embalse Turi igual a 0 µmhos/cm. Si bien esto corresponde a una situación muy optimista, a su vez constituye el techo del beneficio en lo que es calidad de agua en estos subescenarios. Puede observarse que los niveles de CE son menores en E8bS2 y E8bS2+Qeco que en E0 en todos los meses, y menores que E8bS1 y E8bS1+Qeco en todos los meses que no son verano, pero a su vez es mayor que E8bS1 y E8bS1+Qeco en los meses de verano.

El Cuadro 11.10.3-4 resume los promedios anuales y de verano para todos los parámetros en el sector de Calama. Como puede verse, todos los parámetros se ven disminuidos en su concentración, tanto en el promedio anual como en el verano, a excepción del As, el cual sube en la media anual pero disminuye en verano. Las propiedades no conservativas el As hacen que su comportamiento sea contra intuitivo dada la forma en que fue construido este modelo. Por otro lado, no existen diferencias significativas entre E8S2 y E8S2+Qeco en ningún parámetro.

**CUADRO 11.10.3-4**
**CALIDAD DE AGUA RESULTANTE PARA CALAMA EN E0 Y E8B**

| Parámetro | Promedio Anual | | | | | Promedio Verano (noviembre-marzo) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | E0 | E8bS1 | E8bS1+Qeco | E8bS2 | E8bS2+Qeco | E0 | E8bS1 | E8bS1+Qeco | E8bS2 | E8bS2+Qeco |
| Arsénico (mg/L) | 0,106 | 0,197 | 0,147 | 0,118 | 0,114 | 0,095 | 0,068 | 0,048 | 0,079 | 0,071 |
| Boro (mg/L) | 13,7 | 9,22 | 9,68 | 10,24 | 10,27 | 13,42 | 4,03 | 4,89 | 9,64 | 9,57 |
| Cond. Elec. (µmhos/cm) | 6.214 | 4.344 | 4.503 | 4.450 | 4.447 | 6.122 | 1.634 | 2.031 | 4.205 | 4.175 |
| Cloruros (mg/L) | 1.833 | 1.294 | 1.338 | 1.453 | 1.451 | 1.781 | 471 | 590 | 1.335 | 1.327 |

Nota: El resultado acá modelado para E8S2 y E8S2+Qeco, considera que el embalse Turi deja en concentración igual a 0 en todos los parámetros.

Fuente: Elaboración propia.

Si se comparan ahora, es set de E8 con E8b en su conjunto, en materia de calidad de agua no existen diferencias significativas. El Gráfico 11.10.3-3 muestra la comparación entre todos los subescenarios modelados, además del E0, para la Conductividad Eléctrica (promedio anual) en Calama. En dicho Gráfico puede verse que todos los subescenarios del E8 y E8b presentan mejoras notorias respecto del E0, y entre E8 y E8b, puede verse que en E8, la CE es levemente más alta que E8b en cada uno de los subescenarios homólogos, esto se debe a que el caudal medio del río Loa en cabecera (Embalse Conchi) es mayor en su operación actual (E8b), ya que libera más agua que en operación exclusivamente para riego (E8), lo cual no se traduce en una mejor SR ya que la temporalidad de entrega en situación actual es distinta y orientada también a otros usos. Sin embargo, al ser tan leves las diferencias en calidad de aguas (menores

al 6% en todos los casos para CE), no se relaciona el cambio de operación evaluado del Conchi con una mejora significativa de la calidad del agua.

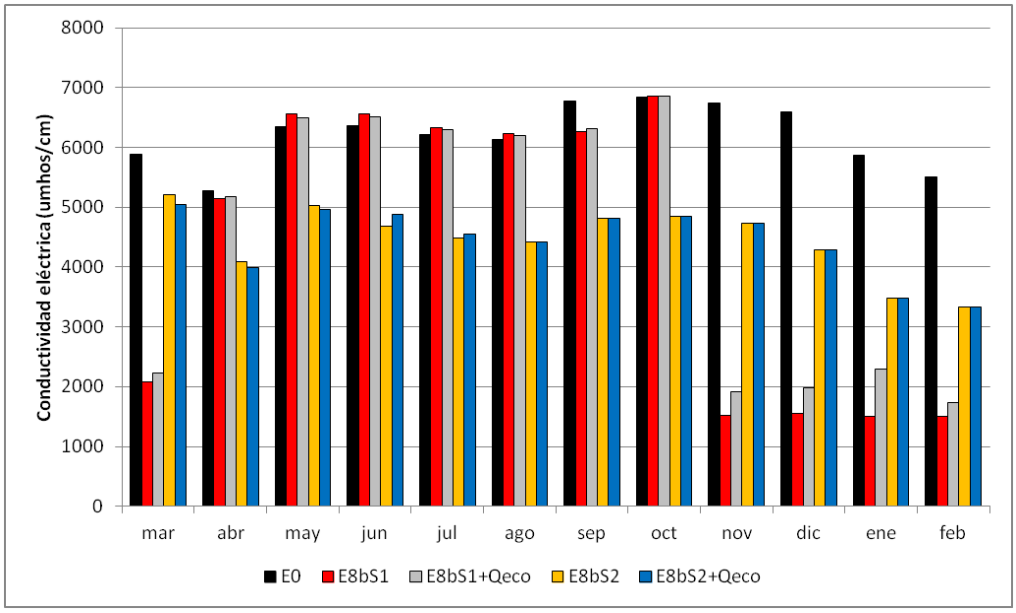



**GRÁFICO 11.10.3-2**
**CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN CALAMA PARA E8B Y E0**

Fuente: Elaboración propia

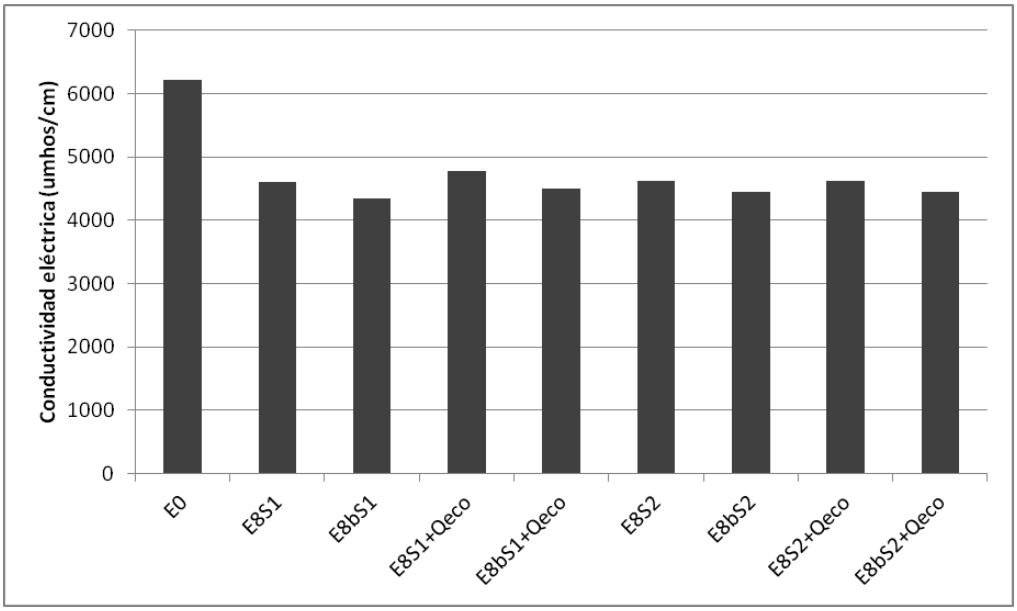



**GRÁFICO 11.10.3-3**
**CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN CALAMA PARA E8B Y E0**

Fuente: Elaboración propia

## 11.11. Escenario 9a (E9a): Escenario Multipropósito Riego más Control de Crecidas

### 11.11.1. Descripción

En el estudio "Estudio de Prefactibilidad: Alternativas de Obras de Regulación y Control de Crecidas en la Hoya del Río Salado (Afluente del Río Loa), Región de Antofagasta" (Arrau-DOH, 2014), se evalúan 3 tamaños del embalse Turi para control de crecidas. Estos tamaños corresponden a:

- Muro de 66 m de altura (volumen total de 11,3 hm³)
- Muro 86 m de altura (volumen total de 20,9 hm³)
- Muro de 106 m de altura (volumen total de 34,7 hm³)

En todos los casos se contempla un volumen muerto de 4,32 hm³. De acuerdo a esto, los subescenarios modelados son los siguientes:

1. **Sub-escenario 1 (S1)**: Embalse con capacidad total de 11,3 hm³
2. **Sub-escenario 2 (S2)**: Embalse con capacidad total de 20,9 hm³
3. **Sub-escenario 3 (S3)**: Embalse con capacidad total de 34,7 hm³

El Gráfico 11.11.1-1 muestra la curva de embalse, donde se pueden apreciar las alturas de muro y volúmenes resultantes.

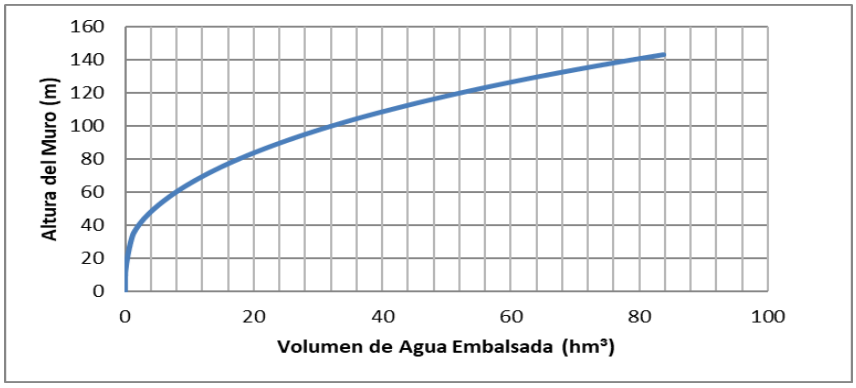



**GRÁFICO 11.11.2-1**
**CURVA DE CAPACIDAD DE EMBALSE TURI**

Fuente: "Estudio de Prefactibilidad: Alternativas de Obras de Regulación y Control de Crecidas en la Hoya del Río Salado (Afluente del Río Loa), Región de Antofagasta", DOH-Arrau (2014)

### 11.11.2. Método de Modelación

La modelación de este escenario no tiene repercusión alguna en los resultados de SR y SD obtenidos en el E2, ya que los únicos cambios que se deben hacer al modelo son:

- Modificar la capacidad total del embalse (dependiendo del sub-escenario)
- Reservar un volumen para el control de crecidas, el cual se calcula con la diferencia entre la capacidad total y el volumen de riego calculado en E2 para satisfacer una SR del 85% en Calama.

De acuerdo con lo anterior, el volumen óptimo para riego del Embalse Turi obtenido en E2, fue de 8,35 $hm^3$ (este valor corresponde al volumen total, es decir ya incluye el volumen muerto que es de 4,32 $hm^3$, por lo que el volumen útil óptimo sería de 4,03 $hm^3$), con lo que el volumen destinado a control de crecidas serían los siguientes, dependiendo de cada sub-escenario:

- S1: 2,95 $hm^3$ (11,3 - 8,35 = 2,95 $hm^3$)
- S2: 12,55 $hm^3$ (20,9 - 8,35 = 12,55 $hm^3$)
- S3: 26,35 $hm^3$ (34,7 – 8,35 = 26,35 $hm^3$)

### 11.11.3. Resultados

Como ya fue dicho anteriormente, los beneficios para el riego son idénticos a aquellos obtenidos en el E2, ya que el modelo, al reservar un volumen para el control de crecidas, automáticamente impide que el embalse sea ocupado por el agua que trae el río mes a mes de forma regular, ya que debe quedar disponible para una eventual crecida. Esto quiere decir que el embalse sólo podrá llenarse hasta los 8,35 $hm^3$, con lo cual los beneficios del riego se mantienen intactos respecto del E2.

Aquellos beneficios asociados al Control de la Crecida propiamente tal, están dados por el daño evitado y no dependen de los resultados entregados por el modelo WEAP, sino que la evaluación económica que se realiza en forma externa. Dichos beneficios se detallan en el Capítulo 12.

El respaldo digital de este Escenario en el modelo WEAP, se presenta en el Anexo 11-2.

## 11.12. Escenario 9b (E9b): Escenario Multipropósito Riego más Generación hidroeléctrica

### 11.12.1. Descripción

En este escenario se consideró analizar el efecto de la inclusión de un embalse de regulación, ubicado en el sector de Turi, que tendría el multipropósito de mejorar la disponibilidad del recurso hídrico para el riego, además de la generación hidroeléctrica mediante la incorporación de la infraestructura necesaria.

Este escenario fue obtenido a partir de la modificación del E2, incorporándole una central hidroeléctrica a los pies del Embalse allí planteado. Para efectos del presente escenario, la generación hidroeléctrica está supeditada al riego, esto quiere decir que sólo se generará energía con aquellos caudales que se liberen producto de la operación de riego.

Para diseñar la MCH, se determinó en primer lugar la serie de caudales efluentes desde el embalse, la que se ordenó de modo de determinar la curva de duración del caudal efluente, la que se muestra en el Gráfico 11.12.1-1. Se observa que el caudal efluente es bastante constante por el 60 % del tiempo, caudal que es de 400 L/s. Adicionalmente se diseña la central para 2 caudales adicionales, 500 y 600 L/s.

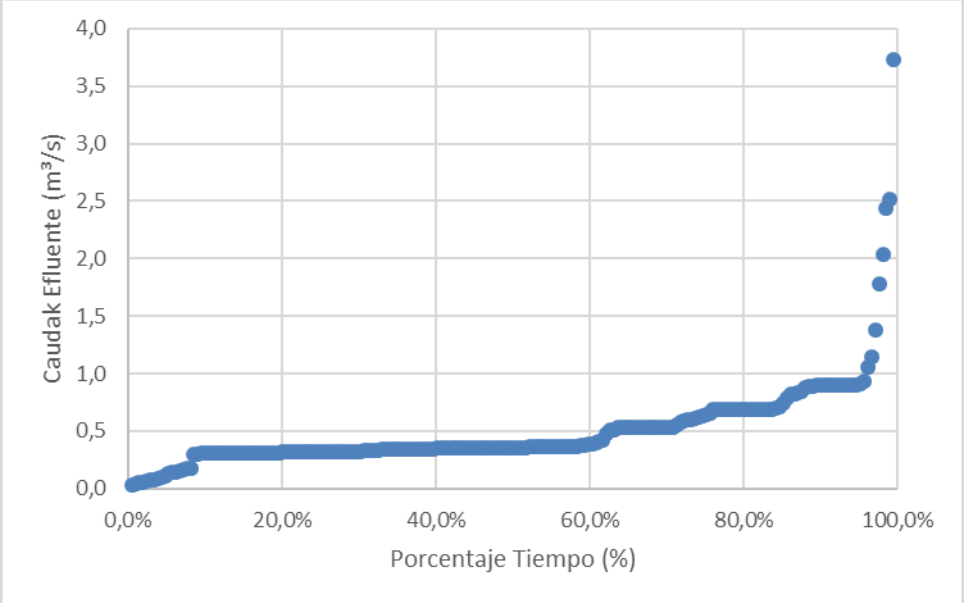



**GRÁFICO 11.12.1-1**
**CURVA DE DURACIÓN CAUDAL EFLUENTE EMBALSE TURI**

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, se tiene que al volumen máximo la cota de agua es de 35,5 m, por lo que instalando la turbina a la altura del volumen muerto (18,4 m) se tiene una altura total de

17,1 m. Considerando por otra parte que las pérdidas son del orden de un 10% del total se tiene una altura útil de 15,4 m. Siguiendo lo mostrado en el gráfico de la Figura 11.12.1-1 se observa que la turbina mas apropiada es la Banki (envolvente negra) o Kaplan (envolvente azúl).

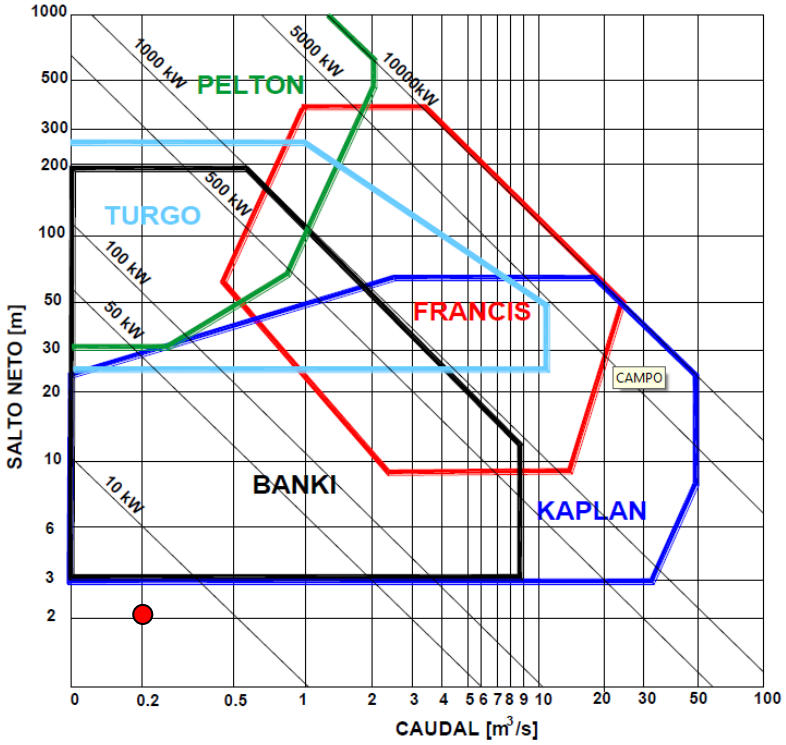



**FIGURA 11.12.1-1**
**DIAGRAMA SELECCIÓN TURBINA**

Fuente: Tomado de Taller Diseño Microhidro, CNR (2016).

## 11.12.2. Método de Modelación

El modelo WEAP permite ingresar tanto características físicas como operacionales de un embalse, dichas características fueron replicadas de la información ya considerada en el E2.

Adicionalmente el modelo permite ingresar los parámetoros de diseño de la central hidroeléctrico del proyecto, tales como el caudal máximo turbinable, elevación de la turbina, eficiencia de generación, porcentaje del tiempo operando y demanda de energía. Respecto a ello, en el modelo se consideraron los valores que se muestran en el Cuadro 11.12.2-1, los que fueron obtenidos de acuerdo a lo explicado en el Acápite 4.12.1. Tal como puede verse, se contemplaron 3 Sub-escenarios, diferenciados por el gasto máximo de la turbina a emplear

**CUADRO 11.12.2-1**
**INFORMACIÓN BASE CENTRAL HIDROELÉCTRICA MODELADA**

| Item | Valor considerado |
|---|---|
| Caudal máximo turbinable | Sub-escenario 1 (S1): 0,4 m³/s<br>Sub-escenario 2 (S2): 0,5 m³/s<br>Sub-escenario 3 (S3): 0,6 m³/s |
| Altura Máxima del Agua | 35,5 m |
| Elevación de la turbina | 18,4 m |
| Altura Dosponible Total | 17,1 m |
| Altura Neta (Descuenta 10% por pérddas) | 15,4 m |
| Porcentaje de tiempo que opera | 100% |
| Eficiencia de Generación | 85% |
| Potencia Instalada | Sub-escenario 1 (S1): 43,1 kW<br>Sub-escenario 2 (S2): 53,9 kW<br>Sub-escenario 3 (S3): 64,7 kW |

Fuente: Elaboración propia

### 11.12.3. Resultados

Se obtuvieron los resultados de generación hidroeléctrica para los tres sub-escenarios modelados y se observa que la capacidad máxima turbinable no influye en la generación de energía hidroeléctrica en aquellos meses de caudales más bajos. No sucede lo mismo en los meses de mayor caudal, donde sí se logra ver una diferencia entre los sub-escenarios modelados, existiendo una relación directa entre la capacidad maxima turbinable y la generación hidroelectrica obtenida (Ver Gráfico 11.12.3-1). Con los datos de energía generada se determinó el factor de planta asociado es igual a 0,85, 0,74, y 0,65 para cada MCH analizada. El valor bajo está relacionado con el hecho que la MCH solo opera con el agua de riego, y las entregas para riego ocurren en general durante 8 meses al año.

Los beneficios asociados al riego de este escenario son idénticos que aquellos obtenidos en el E2, mientras que los beneficios asociados a la generación hidroeléctrica pueden verse en el Capítulo 12.

El respaldo digital de este Escenario en el modelo WEAP, se presenta en el Anexo 11-2.

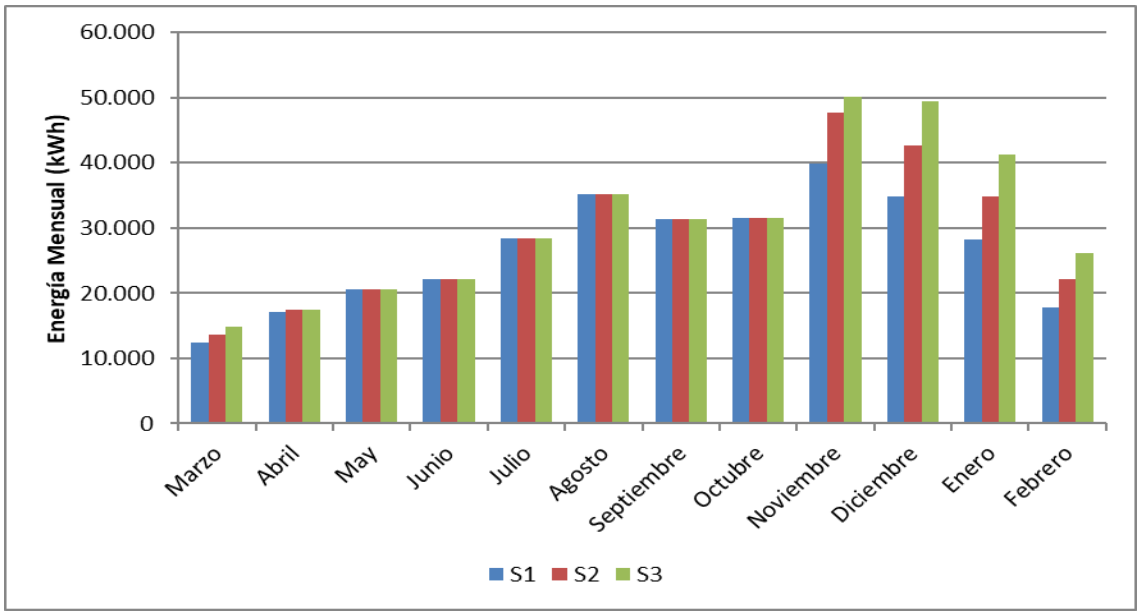



**GRÁFICO 11.12.3-1**
**ENERGÍA MENSUAL GENERADA EMBALSE TURI**

Fuente: Elaboración propia.

## 11.13. Escenario 9c (E9c): Escenario Multipropósito Riego Con Mejoramiento de la Calidad de Aguas

### 11.13.1. Descripción

En este escenario es una variación del escenario anterior, en el que al pie del embalse se ubica una planta de osmosis inversa para el tratamiento de las aguas. El abastecimiento de energía de esta planta será mediante la construcción de una planta fotovoltaica.

### 11.13.2. Método de Modelación

Para la modelación se usan los resultados de las evaluaciones anteriores.

### 11.13.3. Resultados

Usando como antecedentes los resultados del proyecto fotovoltaico Azabache[1] se determinó en forma conservadora que para tratar un efluente desde el embalse de 400 L/s, se requiere una planta de tratamiento de 21.600 m³ de capacidad diaria de producción. Por otra

[1] Proyecto Fotovoltaico Azabache. Enel Green Power Chile Limitada. Diciembre 2013

parte, al considerar que se requieren 2,5 kWh/m³, se determinó que se requiere una superficie de paneles de 7,0 ha.

## 11.14. Conclusiones y Recomendaciones de la Modelación de Escenarios

Como resultado de la modelación se determinó en primer lugar que el mejoramiento de todos los canales no es suficiente para resolver el problema de la SR, especialmente cuando se analiza el mejoramiento del 100 % de los canales. El análisis también muestra que la inclusión de un embalse mejora las condiciones del riego en la zona, pero que por si solo no resuelve los problemas de calidad de aguas. Un manejo conjunto de las aguas del Embalse Conchi y Turi (Escenario 8), podría ayudar a resolver el problema de la calidad de las aguas dependiendo de la estrategia adoptada, sin embargo ninguna medida por sí sola es suficiente, ya que aquellas que mejoran la calidad por otro lado perjudican demasiado la SR. Lo anterior sugiere considerar que el tratamiento de las aguas embalsadas como parte de la solución, de esta forma se puede mejorar la calidad de las aguas sin perder caudal.

# CAPÍTULO 12

# BENEFICIOS ASOCIADOS A LOS ESCENARIOS

# 12. BENEFICIOS ASOCIADOS A LOS ESCENARIOS

## 12.1. Beneficios Agropecuarios

### 12.1.1. Criterios de Desarrollo

#### 12.1.1.1. Aspectos Generales

La Situación Con Proyecto, corresponde al mejoramiento de las condiciones actuales que enfrenta el área en estudio, a través de la ejecución y construcción de obras civiles para mejorar la disponibilidad y acceso a suministro hídrico para riego, aumentar la eficiencia de uso del agua y dar satisfacción a la demanda de los cultivos, considerando la importante necesidad de implementar medidas de tratamiento de agua y suelos para un satisfactorio desarrollo de estructura de cultivos proyectada en una eventual situación futura.

Se debe señalar que, en el contexto general del área de estudio, una eventual Situación Sin Proyecto, donde no exista ningún tipo de mejoramiento en la calidad y en la cantidad de suministro de agua de riego, no tiene ningún asidero ni repercusión significativa, dada la magnitud de la problemática existente y las limitantes asociadas a estos factores restrictivos. Mejoras en el manejo productivo eventualmente aplicables, no tendrían ningún efecto en las actuales condiciones de calidad y déficit de suministro hídrico para regadío.Por este motivo, el presente análisis se remite a contrastar la Situación Actual con el posible impacto de diversos escenarios de Situación Con Proyecto, en términos de los resultados agroeconómicos asociados a cada uno.

Según la información señalada en el estudio agroclimático, el área de estudio presenta condiciones moderadas a apropiadas de adaptabilidad para amplia gama de especies agrícolas, como hortalizas, cereales y praderas. Se deben considerar en este sentido, en especial en los distritos agroclimáticos de mayor altura, las limitantes existentes en cuanto a cantidad de horas de frío, ocurrencia de heladas, viento y nevadas que restringen el desarrollo de gran parte de los frutales característicos de la zona central del país.

Se deben también considerar necesariamente los aspectos descritos en Situación Actual, específicamente en lo referente a la mala calidad generalizada de los suelos, en relación a todas las características restrictivas diagnosticadas por el estudio de suelos. Lo anterior respecto de la salinidad y sodicidad de los suelos, carencias nutricionales, carencia de materia orgánica, además de su condición generalizada de contaminación con diversos metaloides y microelementos tóxicos restringidos por normas nacionales e internacionales, lo que ha condicionado por décadas el desarrollo agrícola en la zona.

En el Capítulo 11 se presentaron diversas alternativas de escenarios cuya modelación se basa en la implementación de distintas obras, con un objetivo de propiciar la

generación de desarrollo agrícola. Esto tanto desde el punto de vista de mejorar el suministro de agua de riego como la calidad del recurso.

Cabe señalar que, tal como se indica en el Capítulo 3, no existió acuerdo con las comunidades indígenas de Toconce y Caspana para participar del estudio, por lo que no existe información primaria que permita caracterizar su agricultura y determinar su problemática asociada al riego. No se realizó,en esos lugares, catastro de infraestructura de riego, tampoco diagnóstico de suelos ni muestreo de calidad de aguas, por lo que, si bien la modelación de escenarios para Situación Con Proyecto considera estas localidades y su demanda agrícola de riego como un área de potencial beneficio, la presente caracterización y análisis económico en Situación Con Proyecto, deja fuera a estos pueblos por falta de información. Lo mismo procede con la posterior elaboración de las imágenes objetivo, brechas a alcanzar y líneas de acción a adoptar en torno a las problemáticas diagnosticadas y cuantificadas.

#### 12.1.1.2. Descripción General de Escenarios de Proyecto

Tal como lo describe en detalle el Capítulo 11, se presentan 9 escenarios base de modelación para Situación Con Proyecto, incorporando sub escenarios según el caso, en los que se gradúa el nivel de inversiones y el nivel de impacto del proyecto en la agricultura del área de estudio, ya sea su enfoque hacia la calidad o a la cantidad del suministro.

De esta forma, el **Escenario 1** y sus tres sub escenarios contemplan medidas que aumenten la seguridad de riego a través del revestimiento de canales de riego y reparación de bocatomas, por lo que se enmarca en la categoría de escenarios de “cantidad”.

El **Escenario 2** por su parte, tiene el mismo propósito(escenario de “cantidad”), pero a través de la construcción del embalse Turi, para acumulación de derechos del Río Salado en tres tamaños (sub escenarios), que impactan de diferente forma en la seguridad de riego en Situación Con Proyecto.Esto bajo el supuesto de que se pueden embalsar el 100% de los derechos eventuales y el 100% de los derechos permanentes superficiales (se modelan distintos tamaños en búsqueda del volumen óptimo para un 85% de seguridad de riego en Calama).

El **Escenario 3** por su parte, es un escenario de cantidad derivado del ya descrito Escenario 2, donde se modelan distintos tamaños adicionales del Embalse Turi con el objetivo de evaluar la incorporación de superficie de expansión agrícola en el sector de Calama, pero considerando que no hay cambios en la calidad del agua, por lo que la mencionada expansión se remite solo a considerar las especies agrícolas actuales en este sector.

El **Escenario 4** también es un escenario de “cantidad”, ya que se trata de un solo tamaño del embalse con cinco sub escenarios modelados con variantes de constitución de los derechos acumulados, tanto permanentes como eventuales.Consiste en la incorporación del

Embalse Turi, bajo el supuesto de que sólo se puede embalsar cierta fracción de los derechos eventuales y cierta fracción de los derechos permanentes, en distintas combinaciones.

El **Escenario5** de modelación, es un escenario de cantidad y consiste en adaptar el modelo de operación del embalse Conchi y los derechos que contiene, de forma de regular y maximizar el uso de estos recursos en pro de aumentar la seguridad de riego de ChiuChiu, Lasana y Calama.Considera que este embalse opera en función de satisfacer únicamente las demandas de riego de la mejor manera posible (a diferencia de la situación actual).

El **Escenario 6** es de calidad y cantidad de aguas, y consiste en modelar la calidad de agua que resultaría al desviar tres cauces provenientes de quebradas aportantes de alto nivel de salinidad al Río Saladoen **4 sub escenarios de calidad**.

El **Escenario 7** también es un **escenario combinado mixto** que evalúa regar el sector de Calama solamente con las aguas del río Loa, pero en forma permanente, a través de la implementación de un Bypass que conduce directamente a Calama los recursos del Loa, aguas arriba de su confluencia con el río Salado, prescindiendo de las aguas de este último para riego en Calama.

El **Escenario 8**es un escenario que **combina calidad y cantidad**de recurso **(escenario mixto),**bajo el planteamiento de ocho alternativas de sub escenarios. Estos van desde aquellos sub escenarios que evalúan la posibilidad de regar el sector de Calama solamente con las aguas del río Loa durante los meses de verano, época donde ocurren las crecidas ocasionadas por el invierno boliviano y donde se pone atajo a las aguas del río Salado, a través de su contención con el embalse Turi en los mencionados meses, bajo el supuesto que la mayor contaminación de sales a través del riego en Calama, proviene de estas crecidas en el río Salado.

Otros de los sub escenarios contemplan la implementación de una **planta de tratamiento de aguas asociada al embalse Turi,** mejorando la calidad de agua y la seguridad de riego para Calama. Este sub escenario y sus variantes, constituyen la mejor alternativa de proyecto respecto del impacto en el desarrollo agrícola de Calama, ya que permitiría cambiar la estructura de cultivos por su efecto calidad, y aumentar los rendimientos (eventualmente expandir superficie) por su efecto de aumento en la seguridad de riego.

El **Escenario 9**consta de dos sub escenarios que analizan distintos objetivos multipropósito del ya descrito **Escenario 2**, objetivos detallados en el Capítulo 11.Se debe destacar que desde el punto de vista agroproductivo (aspectos de calidad y cantidad de agua y su repercusión en la estructura de cultivos y sus rendimientos), estos sub escenarios, generan similar respuesta en el patrón de rendimientos esperados y en la composición de la estructura de cultivos que la obtenida en el Escenario 2, ya que los objetivos multipropósito mencionados, no tienen incidencia en la calidad del agua ni en la seguridad de riego de este escenario. Por este motivo,la representación de los resultadosdel Escenario 9 para posteriores análisis de

rendimientos, márgenes y evaluación económica, estará asociada al Escenario 2, y dejará de ser mencionado en este capítulo.

De esta forma, los escenarios descritos constituyen alternativas de diverso impacto en la productividad del área de estudio en Situación Con Proyecto. No obstante, para los que contemplan calidad de aguas, en este estudio se establece en cuanto a esta característica, como premisa básica, un mínimo nivel de calidad para riego que justifique, en términos agroproductivos, la inversión asociada a lograrlo. Este nivel lo representa el nivel de parámetros de calidad de agua actualesexistentes en ChiuChiu y Lasana, en lo referente principalmente a conductividad eléctrica, boro, arsénico, sodio y cloruros,nivelesque permiten un desarrollo hortícola básico replicable en zonas de mayor problemática agua suelo como Calama. Al mismo tiempo esto permitiríaatender otro aspecto altamente condicionante al desarrollo de agricultura, que es la problemática de contaminación de suelos con similares elementos que el agua de riego.

La base teórica asociada a los diversos grados de tolerancia presentados por las especies agrícolas a las condiciones químicas del agua de riego (en especial la conductividad eléctrica) y que da sustento a los postulados de los escenarios de calidad de aguas presentados, es el hecho de lograr niveles de conductividad iguales o inferiores a 4.000 mS/m, donde gran parte de los cultivos logra un grado de desarrollo que va a depender de su tolerancia específica, pero que para el caso de las especies que componen la estructura de cultivos descrita para el área de estudio en Situación Con Proyecto, este desarrollo llega a ser aceptable en términos de productividad. Esta condición se ve reflejada en el patrón de rendimientos asociados a los escenarios aludidos.

Planteada esta premisa para el parámetro específico de conductividad eléctrica o salinidad del agua, se debe dejar claro también que, según la especie cultivada y el órgano vegetal para consumo, deben ser considerados los demás parámetros restrictivos presentes en el agua de riego como el arsénico y el boro, que afectan la salud humana y restringen según tolerancia, el desarrollo vegetal.

De este modo, el mencionado nivel de calidad de agua permitiría una eficaz implementación de los tratamientos de suelo imprescindibles para establecer cultivos no tolerantes a los actuales niveles de conductividad eléctrica, boro, arsénico, sodio, cloruros, etc. De lo contrario, no tendría sentido implementar estos escenarios, ya que solo podría desarrollarse la estructura de cultivos tolerantes actual, lo que quedará en evidencia en la evaluación económica de estos.

Al respecto, los resultados del diagnóstico físico químico de suelos ya presentado, concluyen que gran parte de los suelos agrícolas y potencialmente cultivables del área de estudio deben obligatoriamente ser tratados y rehabilitados respecto de las mencionadas

limitantes y restricciones al cultivo, considerando la serie de medidas y líneas de acciónque se desarrollanposteriormente en detalle en el Capítulo 14.

Esto implica importantes inversiones en insumos y maquinaria, además de considerar una adecuada y permanente transferencia tecnológica en el horizonte de tiempo que demandan estos tratamientos, la que permita monitorear el proceso de mejoramiento e introducir además a los agricultores adecuadamente a tecnologías de riego según los cultivos a desarrollar, considerando una inclusión paulatina en complemento con apoyo en la gestión para la comercialización de productos en el mercado local, según las pautas descritas en el estudio de mercado. En este contexto resulta un gran desafío el promover cambios en conductas y actividades que ancestralmente se han presentado en el área de estudio, de modo de promover un desarrollo productivo que los propios agricultores de la zona esperan alcanzar.

De esta forma, escenarios que solamente mejoren cantidad de recurso, tendrán como resultadosoloun aumento en la seguridad de riego para la superficie de cultivo actual y eventualmente una expansión de esta, pero sin poder modificar la estructura de cultivos actual, dado que solamente escenarios que contemplen mejoramiento de calidad de aguas, posibilitarán estructuras de cultivo con especies de mayor rentabilidad en zonas donde actualmente solo se hace alfalfa y maíz.

En resumen y en base a los argumentos detallados anteriormente, los rendimientos de cultivo en los distintos sectores del área de estudio se comportan de la siguiente forma en términos productivos ante los distintos escenarios de proyecto respecto de Situación Actual:

- Escenario 1: Similar patrón al de Situación Actual en los 3 sectores
- Escenarios 2-3-4: Aumento parcial solo sector Calama por efecto cantidad
- Escenario 5: Aumento parcial en sectores Calama y ChiuChiu Lasana por efecto cantidad.
- Escenario 6: Aumento parcial solo sector Calama por efecto cantidad y calidad
- Escenario 7: Aumento parcial e incorporación de hortaliza solo en Calama por efecto calidad.
- Escenario 8S1 (Sub escenarios Sin TratamientoE8S1 y E8S1+Qeco): Aumento parcial e incorporación de hortalizassolo en Calama por efecto calidad.
- Escenarios 8S2 (Sub escenarios Con Tratamiento E8S2 y E8S2+Qeco): Aumento parcial e incorporación de hortalizassolo en Calama por efecto cantidad y calidad.
- Escenario 9: Se basa en el Escenario 2.

12.1.1.3. Análisis de Impacto Agroproductivo Escenarios de Cantidad

Como se ha mencionado, dentro de las alternativas de escenarios presentadas para Situación Con Proyecto, están por un lado las que contemplan **Mejoramiento de Cantidad y Seguridad de Suministro Hídrico(1,2,3,4, 5 y 9)**ypor otrolas que contemplan **Mejoramiento de Calidad de Agua (que a su vez asocian también un efecto "cantidad" en su modelación, Escenarios 6, 7 y 8)**.

En un contexto general, se trata de representar el impacto de escenarios de proyecto que mejoranparcialmente las condiciones productivas del área, contrastando rendimientos de cultivos afectados por baja seguridad de riego y baja calidad de agua de riego y suelos, con cultivos en una situación mejorada según el escenario y el sector que se trate.

En los Cuadros del 12.1.1.3-1 al 12.1.1.3-3, es posible observar los mencionados contrastes de rendimiento de los escenarios que contemplan **Mejoramiento de Cantidad y Seguridad de Suministro Hídrico**entre Situación Con Proyectoy Situación Actual.

Respecto de los escenarios que solamente contemplan **Mejoramiento de Cantidad y Seguridad de Suministro Hídrico(Escenarios 1, 2, 3, 4 y5)**se definen las características de la Situación Con Proyecto que se deriva de la implementación de este tipo de escenarios, según los siguientes criterios:

- La estructura de cultivos, tal como se aprecia en los citados Cuadros, se mantiene igual en todos los sectores, dado que, alno haber mejoramiento de calidad de agua en estos escenarios, no es posible incorporar cultivos de mayor rentabilidad y menos tolerantes a la calidad actual del agua y de los suelos.

  En el Cuadro 12.1.1.3-1 se observan la información productiva asociada al Escenario 1, donde no se aprecia ningún cambio respecto de Situación Actual, dado que el mejoramiento de canales no aumenta la frecuencia de riego, si no que mejora la capacidad y eficiencia de conducción del agua, aumentando con ello la satisfacción de la demanda al minimizar pérdidas, por lo que este beneficio es considerado a nivel de evaluación económica y no como aumento de rendimientos.

- En el **Sector de Calama**y en el contexto de estos escenarios, no se recomienda incorporar al proyecto, los costos de implementar un programa de mejoramiento y rehabilitación de suelos bajo estos escenarios. Tal inversión no se justifica si se sigue regando con agua contaminada con sales, sodio, metaloides y microelementos que volverán a contaminar los suelos. Se prevé así,solamente un aumento en la seguridad de riego para la actual superficie de riego y sus cultivos característicos y tolerantes (maíz y alfalfa).

De esta forma,en los Escenarios 2, 3, y 4, al contar con el embalse Turi y por ende mayor seguridad de riego, se contempla un aumento en los rendimientos de estos cultivos solo en el sector de Calama (maíz y alfalfa), asociado a una mayor frecuenciade riegodentro de cada mes, lo que permite mejorar parcialmente el desarrollo de estos. El resto del área de estudio queda igual, tal como se aprecia en el Cuadro 12.1.1.3-2.

Al considerar globalmente en el año el aumento de la seguridad de riego producido, se contempla también, en este tipo de escenarios, un aumento en los ingresos a nivel de evaluación económica en Situación Con Proyecto, asociado a la mayor satisfacción de la demanda agrícola obtenida.

- En el **Sector de ChiuChiu y Lasana**,solo losEscenarios 1 y 5mejorarán la seguridad de riego, ya que los demás escenarios contemplan beneficios exclusivamente para Calamaen cuanto a seguridad de riego. Esto se plantea así,a pesar que en estas localidadesel diagnóstico de caracterización en terrenodetectó problemas en la infraestructura de canales, pero en cuanto a escases hídrica, el panorama diagnosticado no es tan crítico como en Calama.

  Este aspecto se contradice con el diagnóstico actual de la seguridad de riego basado en el cálculo de la satisfacción de la demanda, donde Calama figura con mayor seguridad y satisfacción que ChiuChiu y Lasana. Los agricultores en estas localidades asignan mayor prioridad a mejorar calidad de aguas. Si bien riegan con la mejor agua de origen fluvial del área, los parámetros de calidad (boro y arsénico) igualmente perjudican la comercialización de productos hortícolas en ferias y supermercados.

  Por lo tanto, ante un aumento solamente en la seguridad de riego, se asignaun aumento parcial en el patrón de rendimientos de la misma estructura de cultivos de Situación Actual solamente en elEscenario 5en Calama, ChiuChiu y Lasana, producto de que el embalse Conchi cambia su operación exclusivamente para riego (Escenario 1 no, por razones expuestas en punto anterior), tal como se aprecia en el Cuadro 12.1.1.3-3.

- Para el **Sector de Ayquina Turi y Paniri**, solamente el Escenario 1 contemplaaumentar la seguridad de riego mediante mejoramiento de infraestructura de conducción, manteniendo la misma estructura de cultivos por las razones ya argumentadas, considerando además el tradicional y ancestral contexto de su agricultura orientada principalmente al autoconsumo y al comercio informal, no obstante,se espera una mejora parcial en el patrón de rendimientos de esta estructura.

  Por las razones ya expuestas para los anteriores sectores, no se contempla un aumento en el patrón de rendimientos para este sector en Escenario 1,

considerándose este aumento en seguridad de riego en la evaluación económica.

- El mejoramiento en la seguridad de riego en ChiuChiu, Lasana, Ayquina, Turi y Paniri, en los escenarios donde procede, sí justifica la posibilidad de invertir parcialmente en mejoramiento de suelos, en términos de rectificar pH, enmendar niveles de sodicidad, realizar lavado de sales e incorporar materia orgánica compostada, de manera de potenciar las mejoras en seguridad de riego. Esto, debido a que la calidad de agua natural actual en estos sectores, permite mayor eficacia y duración del tratamiento de suelorespecto del sector de Calama.

  Lo anterior se ve reflejado en el mencionado aumento de rendimientos asignado a los sectores beneficiados por el Escenario 5, además del aumento de ingresos a nivel de evaluación económica asignado a toda el área de estudio, bajo el Escenario 1.

**CUADRO 12.1.1.3-1**
**PARÁMETROS PRODUCTIVOS DE CULTIVO SITUACIÓN CON PROYECTO**
**ESCENARIO 1 DE MEJORAMIENTO DE CONDUCCIÓN DE AGUAS**

| Cultivo | Variedad | Nivel Tecnológico | | Año | Rendimiento | | | unidad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | SA | SCP | | SA | SCP | % Var. SA | |
| Zanahoria ChiuChiu Lasana | Corriente | Bajo | Bajo | 1 | 500 | 500,0 | 0% | Saco 40 kg/ha |
| Acelga ChiuChiu Lasana | Bressane | Bajo | Bajo | 1 | 15.000 | 15.000,0 | 0% | Atado/ha |
| Betarraga ChiuChiu Lasana | Corriente | Bajo | Bajo | 1 | 17.000 | 17.000,0 | 0% | Atado/ha |
| Lechuga ChiuChiu Lasana | Gran Rapids | Medio | Medio | 1 | 60.000 | 60.000,0 | 0% | Un./ha |
| Maíz Choclo ChiuChiu Lasana | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | Bajo | 1 | 11.000 | 11.000,0 | 0% | Un./ha |
| Maíz Choclo Calama | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | Medio | 1 | 9.000 | 9.000,0 | 0% | Un./ha |
| Maíz Choclo Turi Paniri Ayquina | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | Bajo | 1 | 11.000 | 11.000,0 | 0% | Un./ha |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 1 | 315 | 314,7 | 0% | Fardos/ha |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 2 | 450 | 450,0 | 0% | Fardos/ha |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Bajo | Medio | 1 | 259 | 258,7 | 0% | Fardos/ha |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Bajo | Medio | 2 | 370 | 370,0 | 0% | Fardos/ha |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 1 | 315 | 314,7 | 0% | Fardos/ha |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 2 | 450 | 450,0 | 0% | Fardos/ha |
| Haba Turi Paniri Ayquina | Corriente | Bajo | Bajo | 1 | 170 | 170,0 | 0% | Saco 40 kg/ha |
| Ganadería Crianza Turi Paniri Ayquina | Ovinos | Bajo | Bajo | 1 | 50 | 50,0 | 0% | Un./ha |

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas técnico-económicas de cultivos.

**CUADRO 12.1.1.3-2**
**PARÁMETROS PRODUCTIVOS DE CULTIVO SITUACIÓN CON PROYECTO**
**ESCENARIOS 2-3-4-9DE MEJORAMIENTO DE SUMINISTRO DE AGUA**

| Cultivo | Variedad | Nivel Tecnológico | | Año | Rendimiento | | | unidad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | SA | SCP | | SA | SCP | % Var. SA | |
| Zanahoria ChiuChiu Lasana | Corriente | Bajo | Bajo | 1 | 500,0 | 500,0 | 0% | Saco 40 kg/ha |
| Acelga ChiuChiu Lasana | Bressane | Bajo | Bajo | 1 | 15.000,0 | 15.000,0 | 0% | Atado/ha |
| Betarraga ChiuChiu Lasana | Corriente | Bajo | Bajo | 1 | 17.000,0 | 17.000,0 | 0% | Atado/ha |
| Lechuga ChiuChiu Lasana | Gran Rapids | Medio | Medio | 1 | 60.000,0 | 60.000,0 | 0% | Un./ha |
| Maíz Choclo ChiuChiu Lasana | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | Bajo | 1 | 11.000,0 | 11.000,0 | 0% | Un./ha |
| Maíz Choclo Calama | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | Bajo | 1 | 9.000,0 | 10.800,0 | 20% | Un./ha |
| Maíz Choclo Turi Paniri Ayquina | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | Bajo | 1 | 11.000,0 | 11.000,0 | 0% | Un./ha |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 1 | 314,7 | 314,7 | 0% | Fardos/ha |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 2 | 450,0 | 450,0 | 0% | Fardos/ha |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 1 | 258,7 | 310,5 | 20% | Fardos/ha |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 2 | 370,0 | 444,0 | 20% | Fardos/ha |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 1 | 314,7 | 314,7 | 0% | Fardos/ha |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 2 | 450,0 | 450,0 | 0% | Fardos/ha |
| Haba Turi Paniri Ayquina | Corriente | Bajo | Bajo | 1 | 170,0 | 170,0 | 0% | Saco 40 kg/ha |
| Ganadería Crianza Turi Paniri Ayquina | Ovinos | Bajo | Bajo | 1 | 50,0 | 50,0 | 0% | Un./ha |

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas técnico-económicas de cultivos

**CUADRO 12.1.1.3-3**
**PARÁMETROS PRODUCTIVOS DE CULTIVO SITUACIÓN CON PROYECTO**
**ESCENARIO 5DE MEJORAMIENTO DE REGULACIÓN DE SUMINISTRO DE AGUA**

| Cultivo | Variedad | Nivel Tecnológico | | Año | Rendimiento | | | Unidad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | SA | SCP | | SA | SCP | % Var. SA | |
| Zanahoria ChiuChiu Lasana | Corriente | Bajo | Bajo | 1 | 500,0 | 600,0 | 20% | Saco 40 kg/ha |
| Acelga ChiuChiu Lasana | Bressane | Bajo | Bajo | 1 | 15.000,0 | 18.000,0 | 20% | Atado/ha |
| Betarraga ChiuChiu Lasana | Corriente | Bajo | Bajo | 1 | 17.000,0 | 20.400,0 | 20% | Atado/ha |
| Lechuga ChiuChiu Lasana | Gran Rapids | Medio | Medio | 1 | 60.000,0 | 72.000,0 | 20% | Un./ha |
| Maíz Choclo ChiuChiu Lasana | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | Bajo | 1 | 11.000,0 | 13.200,0 | 20% | Un./ha |
| Maíz Choclo Calama | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | Bajo | 1 | 9.000,0 | 10.800,0 | 20% | Un./ha |
| Maíz Choclo Turi Paniri Ayquina | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | Bajo | 1 | 11.000,0 | 11.000,0 | 0% | Un./ha |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 1 | 314,7 | 377,6 | 20% | Fardos/ha |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 2 | 450,0 | 540,0 | 20% | Fardos/ha |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 1 | 258,7 | 310,5 | 20% | Fardos/ha |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 2 | 370,0 | 444,0 | 20% | Fardos/ha |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 1 | 314,7 | 314,7 | 0% | Fardos/ha |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 2 | 450,0 | 450,0 | 0% | Fardos/ha |
| Haba Turi Paniri Ayquina | Corriente | Bajo | Bajo | 1 | 170,0 | 170,0 | 0% | Saco 40 kg/ha |
| Ganadería Crianza Turi Paniri Ayquina | Ovinos | Bajo | Bajo | 1 | 50,0 | 50,0 | 0% | Un./ha |

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas técnico-económicas de cultivos

12.1.1.4. Análisis de Impacto Agroproductivo Escenarios de Calidad

En los Cuadros 12.1.1.4-1 a 12.1.1.4-4, es posible observar los mencionados contrastes de rendimiento de los escenarios que contemplan **Mejoramiento de Calidad de Agua de Riego**entre Situación Con Proyectoy Situación Actual.

Los criterios básicos que se han utilizado para el diseño de la Situación Con Proyecto agrícola, respecto delos escenarios que contemplan**Mejoramiento de Calidad de Agua de Riego(Escenarios 6, 7 y 8)**son los siguientes:

- Los resultados de calidad de aguas provenientes de la modelación del Escenario 6 y sus 4 sub escenarios, no hacen factible modificar la estructura de cultivos de Calama, único sector donde tiene incidencia, ni tampoco la posibilidad de rehabilitar suelos mediante los tratamientos descritos en el Capítulo 14, dado el irrelevante cambio en los parámetros de contaminación respecto de la tolerancia de los cultivos, de los niveles máximos que dictan las normas internacionales, tanto para riego como para suelos y de los requerimientos de calidad de aguas para implementar eficazmente tratamientos de rehabilitación de suelos.

  No obstante, este pequeño aumento de calidad de aguas se verá reflejado en un pequeño aumento en el patrón de rendimientos en Calama, generado por una mejor respuesta en productividad (20%) que presentarían los cultivos actuales al ser regados por agua levemente de mejor calidad.

  Por tratarse de un escenario que regula a su vez cantidad de recurso, se considera también un aumento adicional de rendimientos por este concepto (10%), asociado a una mayor frecuencia de riego dentro de cada mes, lo que permite mejorar parcialmente el desarrollo de estos cultivos.

  El resto de los sectores de riego no son influenciados por este escenario por lo que siguen con similar estructura de cultivos y patrón de rendimientos actuales, tal como se aprecia en el Cuadro 12.1.1.4-1.

  Al respecto, y como argumentación de lo señalado, se debe citar el análisis realizado por el equipo agronómico, con la colaboración del especialista e investigador del CIDERH y académico de la Universidad Arturo Prat, Dr. Ing. Agrónomo Jorge Olave Vera, donde se analiza el diagnóstico realizado al área de estudio, desde el punto de vista de la factibilidad de implementar cambios significativos en la estructura de cultivos y de implementar tratamientos y rehabilitación de suelos, en el marco de los resultados de calidad y cantidad de suministro hídrico provenientes de la modelación del Escenario 6 de calidad de agua, donde se plantean desvíos de cauces aportantes de sal al río Salado.

Al respecto, en el Anexo 12-1 se consigna un análisis detallado realizado por el mencionado especialista, respecto de los resultados de calidad de aguas en los cuatro sub escenarios modelados para la cuenca del río Salado (Escenario 6), en función de la implicancia que tienen en el desarrollo agrícola de situación Con Proyecto.

A la luz de estos resultados del mencionado escenario de proyecto, presentado en detalle en el Capítulo 11, y aplicando los criterios anteriormente expuestos, el presente análisis descarta de plano la posibilidad de modificar, de forma viable, la actual estructura de cultivos existente en el sector de Calama y la posibilidad de implementar, en forma efectiva, los tratamientos de rehabilitación de suelos presentados en el Capítulo 14.

Respecto de la intolerancia de la mayor parte de los cultivos a los principales parámetros de contaminación presentes en el agua de riego y en los suelos de cultivo (CE, Sodio, Arsénico, Boro, Cloruros), considerando además las normas internacionales que determinan niveles de estos contaminantes que se sobrepasan en la mayoría de los casos, se concluye que los cambios en los mencionados niveles en el agua de riego, derivados de la modelación de este escenario de calidad de aguas, son escasamente significativos para efectos de modificar la actual estructura de cultivos en el sector de Calama y de tratar eficazmente los suelos, rehabilitándolos para tal objetivo.

- Respecto del Escenario 7, este contempla mejorar la calidad del recurso hídrico para riego en el sector de Calama, regando prioritariamente con aguas del río Loa, produciendo en su accionar una baja gran baja en la seguridad de riego, detallada en el Capítulo 11, no obstante, su efecto se evalúa a nivel de evaluación económica por el grado de satisfacción de la demanda que lleva asociado.

  De esta forma, ante el impacto de este escenario, se produce un aumento parcial en los cultivos actuales, únicamente en Calama, por concepto de mejoramiento de calidad de aguas y su repercusión en la tolerancia de cultivos y la posibilidad de mejorar suelos, lo que genera, además, la posibilidad de introducir hortalizas en este sector con estándares de rendimientos similares a los de ChiuChiu Lasana, tal como se puede apreciar en el Cuadro 12.1.1.4-2.

- Por su parte dentro del Escenario 8 en se han analizado desde el punto de vista agroeconómico aquellos sub escenarios con mayor impacto en lo productivo, y que corresponden al **E8S1+Qeco, (embalse Turi reteniendo crecidas en meses de verano y embalse Conchi funcionando solo para riego) y al E8S2+Qeco (embalse Turi acumulando agua para riego asociado a planta de tratamiento y embalse Conchi funcionando solo para riego),** que es aquel que de mejor forma satisface los requerimientos de una Situación Con

Proyecto asociada a cambios radicales en la realidad productiva en Calama. Esto porque el E8S1+Qeco asocia una considerable bajaen la seguridad de riego anual, en especial en los meses de verano, lo que se refleja a nivel de evaluación económica.

En el Cuadro 12.1.1.4-3 se presenta el comportamiento de los parámetros agroproductivos de Situación Con Proyecto en el contexto del E8S1+Qeco, donde se produce un aumento parcial en los cultivos actuales, únicamente en Calama, por concepto de mejoramiento de calidad de aguas (no sobrepasa los 3 dSm/m en la modelación) y su repercusión en la tolerancia de cultivos y la posibilidad de mejorar suelos, lo que genera además, la posibilidad de introducir hortalizas en este sector con estándares de rendimientos similares a los de ChiuChiu Lasana. Esto porque se posibilita la implementación de tratamientos rectificatorios y de mejoramiento de suelos, imprescindibles para introducir nuevos cultivos en Calama, además de satisfacer los requerimientos de tolerancia de las hortalizas.

- Respecto del E8S2+Qeco, el Cuadro 12.1.1.4-4 muestra el comportamiento de los parámetros agroproductivos de Situación Con Proyecto respecto de Situación Actual, donde se consideró un aumento parcial de los rendimientos de cultivos actuales solamente en Calama, por concepto de mayor seguridad de riego (20%) y por concepto de mejor calidad (solo 10%), ya que esta calidad igualmente sobrepasa levemente los 4 dSm/m en la modelación, lo que posibilitaríaun tratamiento parcial de suelos y la introducción de hortalizas en Calama, pero con rendimientos menores en un 20% a los obtenidos actualmente en ChiuChiu y Lasana.

- El detalle de la seguridad de riego, la satisfacción de la demanda y los parámetros de calidad resultantes de la modelación de cada uno de los Escenarios descritos se presenta en detalle en el Capítulo 11.

**CUADRO 12.1.1.4-1**
**PARÁMETROS PRODUCTIVOS DE CULTIVO SITUACIÓN CON PROYECTO**
**ESCENARIO 6DE MEJORAMIENTO DE REGULACIÓN DE SUMINISTRO Y CALIDAD DE AGUA**

| Cultivo | Variedad | Nivel Tecnológico | | Año | Rendimiento | | | Unidad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | SA | SCP | | SA | SCP | % Var. SA | |
| Zanahoria ChiuChiu Lasana | Corriente | Bajo | Bajo | 1 | 500,0 | 500,0 | 0% | Saco 40 kg/ha |
| Acelga ChiuChiu Lasana | Bressane | Bajo | Bajo | 1 | 15.000,0 | 15.000,0 | 0% | Atado/ha |
| Betarraga ChiuChiu Lasana | Corriente | Bajo | Bajo | 1 | 17.000,0 | 17.000,0 | 0% | Atado/ha |
| Lechuga ChiuChiu Lasana | Gran Rapids | Medio | Medio | 1 | 60.000,0 | 60.000,0 | 0% | Un./ha |
| Maíz Choclo ChiuChiu Lasana | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | Bajo | 1 | 11.000,0 | 11.000,0 | 0% | Un./ha |
| Maíz Choclo Calama | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | Bajo | 1 | 9.000,0 | 11.700,0 | 30% | Un./ha |
| Maíz Choclo Turi Paniri Ayquina | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | Bajo | 1 | 11.000,0 | 11.000,0 | 0% | Un./ha |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 1 | 314,7 | 314,7 | 0% | Fardos/ha |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 2 | 450,0 | 450,0 | 0% | Fardos/ha |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 1 | 258,7 | 336,4 | 30% | Fardos/ha |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 2 | 370,0 | 481,0 | 30% | Fardos/ha |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 1 | 314,7 | 314,7 | 0% | Fardos/ha |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 2 | 450,0 | 450,0 | 0% | Fardos/ha |
| Haba Turi Paniri Ayquina | Corriente | Bajo | Bajo | 1 | 170,0 | 170,0 | 0% | Saco 40 kg/ha |
| Ganadería Crianza Turi Paniri Ayquina | Ovinos | Bajo | Bajo | 1 | 50,0 | 50,0 | 0% | Un./ha |

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas técnico-económicas de cultivos

**CUADRO 12.1.1.4-2**
**PARÁMETROS PRODUCTIVOS DE CULTIVO SITUACIÓN CON PROYECTO**
**ESCENARIO 7 DE MEJORAMIENTO DE REGULACIÓN DE SUMINISTRO Y CALIDAD DE AGUA**

| Cultivo | Variedad | Nivel Tecnológico | | Año | Rendimiento | | | unidad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | SA | SCP | | SA | SCP | % Var. SA | |
| Zanahoria ChiuChiu Lasana | Corriente | Bajo | Medio | 1 | 500,0 | 500,0 | 0% | Saco 40 kg/ha |
| Zanahoria Calama | Corriente | Bajo | Bajo | 1 | - | 500,0 | - | Saco 40 kg/ha |
| Acelga ChiuChiu Lasana | Bressane | Bajo | Medio | 1 | 15.000,0 | 15.000,0 | 0% | Atado/ha |
| Acelga Calama | Bressane | Bajo | Bajo | 1 | - | 15.000,0 | - | Atado/ha |
| Betarraga ChiuChiu Lasana | Corriente | Bajo | Medio | 1 | 17.000,0 | 17.000,0 | 0% | Atado/ha |
| Betarraga Calama | Corriente | Bajo | Bajo | 1 | - | 17.000,0 | - | Atado/ha |
| Lechuga ChiuChiu Lasana | Gran Rapids | Medio | Alto | 1 | 60.000,0 | 60.000,0 | 0% | Un./ha |
| Lechuga Calama | Gran Rapids | Bajo | Medio | 1 | - | 60.000,0 | - | Un./ha |
| Maíz Choclo ChiuChiu Lasana | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | Bajo | 1 | 11.000,0 | 11.000,0 | 0% | Un./ha |
| Maíz Choclo Calama | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | Bajo | 1 | 9.000,0 | 11.700,0 | 30% | Un./ha |
| Maíz Choclo Turi Paniri Ayquina | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | Bajo | 1 | 11.000,0 | 11.000,0 | 0% | Un./ha |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 1 | 314,7 | 314,7 | 0% | Fardos/ha |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 2 | 450,0 | 450,0 | 0% | Fardos/ha |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 1 | 258,7 | 336,4 | 30% | Fardos/ha |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 2 | 370,0 | 481,0 | 30% | Fardos/ha |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 1 | 314,7 | 314,7 | 0% | Fardos/ha |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 2 | 450,0 | 450,0 | 0% | Fardos/ha |
| Haba Turi Paniri Ayquina | Corriente | Bajo | Bajo | 1 | 170,0 | 170,0 | 0% | Saco 40 kg/ha |
| Ganadería Crianza Turi Paniri Ayquina | Ovinos | Bajo | Bajo | 1 | 50,0 | 50,0 | 0% | Un./ha |

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas técnico-económicas de cultivos

**CUADRO 12.1.1.4-3**
**PARÁMETROS PRODUCTIVOS DE CULTIVO SITUACIÓN CON PROYECTO**
**ESCENARIO E8S1+QECO DE MEJORAMIENTO DE REGULACIÓN DE SUMINISTRO Y CALIDAD DE AGUA**

| Cultivo | Variedad | Nivel Tecnológico | | Año | Rendimiento | | | unidad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | SA | SCP | | SA | SCP | % Var. SA | |
| Zanahoria ChiuChiu Lasana | Corriente | Bajo | Medio | 1 | 500,0 | 500,0 | 0% | Saco 40 kg/ha |
| Zanahoria Calama | Corriente | Bajo | Bajo | 1 | - | 500,0 | - | Saco 40 kg/ha |
| Acelga ChiuChiu Lasana | Bressane | Bajo | Medio | 1 | 15.000,0 | 15.000,0 | 0% | Atado/ha |
| Acelga Calama | Bressane | Bajo | Bajo | 1 | - | 15.000,0 | - | Atado/ha |
| Betarraga ChiuChiu Lasana | Corriente | Bajo | Medio | 1 | 17.000,0 | 17.000,0 | 0% | Atado/ha |
| Betarraga Calama | Corriente | Bajo | Bajo | 1 | - | 17.000,0 | - | Atado/ha |
| Lechuga ChiuChiu Lasana | Gran Rapids | Medio | Alto | 1 | 60.000,0 | 60.000,0 | 0% | Un./ha |
| Lechuga Calama | Gran Rapids | Bajo | Medio | 1 | - | 60.000,0 | - | Un./ha |
| Maíz Choclo ChiuChiu Lasana | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | Bajo | 1 | 11.000,0 | 11.000,0 | 0% | Un./ha |
| Maíz Choclo Calama | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | Bajo | 1 | 9.000,0 | 11.700,0 | 30% | Un./ha |
| Maíz Choclo Turi Paniri Ayquina | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | Bajo | 1 | 11.000,0 | 11.000,0 | 0% | Un./ha |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 1 | 314,7 | 314,7 | 0% | Fardos/ha |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 2 | 450,0 | 450,0 | 0% | Fardos/ha |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 1 | 258,7 | 336,4 | 30% | Fardos/ha |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 2 | 370,0 | 481,0 | 30% | Fardos/ha |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 1 | 314,7 | 314,7 | 0% | Fardos/ha |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 2 | 450,0 | 450,0 | 0% | Fardos/ha |
| Haba Turi Paniri Ayquina | Corriente | Bajo | Bajo | 1 | 170,0 | 170,0 | 0% | Saco 40 kg/ha |
| Ganadería Crianza Turi Paniri Ayquina | Ovinos | Bajo | Bajo | 1 | 50,0 | 50,0 | 0% | Un./ha |

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas técnico-económicas de cultivos

## CUADRO 12.1.1.4-4
## PARÁMETROS PRODUCTIVOS DE CULTIVO SITUACIÓN CON PROYECTO
## ESCENARIO E8S2+QECO DE MEJORAMIENTO DE SUMINISTRO Y CALIDAD DE AGUA

| Cultivo | Variedad | Nivel Tecnológico | | Año | Rendimiento | | | unidad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | SA | SCP | | SA | SCP | % Var. SA | |
| Zanahoria ChiuChiu Lasana | Corriente | Bajo | Medio | 1 | 500,0 | 500,0 | 0% | Saco 40 kg/ha |
| Zanahoria Calama | Corriente | Bajo | Bajo | 1 | - | 400,0 | - | Saco 40 kg/ha |
| Acelga ChiuChiu Lasana | Bressane | Bajo | Medio | 1 | 15.000,0 | 15.000,0 | 0% | Atado/ha |
| Acelga Calama | Bressane | Bajo | Bajo | 1 | - | 12.000,0 | - | Atado/ha |
| Betarraga ChiuChiu Lasana | Corriente | Bajo | Medio | 1 | 17.000,0 | 17.000,0 | 0% | Atado/ha |
| Betarraga Calama | Corriente | Bajo | Bajo | 1 | - | 13.600,0 | - | Atado/ha |
| Lechuga ChiuChiu Lasana | Gran Rapids | Medio | Alto | 1 | 60.000,0 | 60.000,0 | 0% | Un./ha |
| Lechuga Calama | Gran Rapids | Bajo | Medio | 1 | - | 48.000,0 | - | Un./ha |
| Maíz Choclo ChiuChiu Lasana | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | Bajo | 1 | 11.000,0 | 11.000,0 | 0% | Un./ha |
| Maíz Choclo Calama | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | Bajo | 1 | 9.000,0 | 11.700,0 | 30% | Un./ha |
| Maíz Choclo Turi Paniri Ayquina | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | Bajo | 1 | 11.000,0 | 11.000,0 | 0% | Un./ha |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 1 | 314,7 | 314,7 | 0% | Fardos/ha |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 2 | 450,0 | 450,0 | 0% | Fardos/ha |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 1 | 258,7 | 336,4 | 30% | Fardos/ha |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 2 | 370,0 | 481,0 | 30% | Fardos/ha |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 1 | 314,7 | 314,7 | 0% | Fardos/ha |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | Alta Sierra | Bajo | Bajo | 2 | 450,0 | 450,0 | 0% | Fardos/ha |
| Haba Turi Paniri Ayquina | Corriente | Bajo | Bajo | 1 | 170,0 | 170,0 | 0% | Saco 40 kg/ha |
| Ganadería Crianza Turi Paniri Ayquina | Ovinos | Bajo | Bajo | 1 | 50,0 | 50,0 | 0% | Un./ha |

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas técnico-económicas de cultivos

12.1.1.5. Otras Consideraciones Generales para Situación Con Proyecto

Los descritos aumentos de productividad que se proyectan, además de asociarse al mejoramiento en cantidad y calidad de suministro, en relación a la posibilidad de tratar y habilitar suelos y a la optimización en manejo de cultivos, considerándose la implementación de programas complementarios de fertilización (con fertilizantes incorporados) 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. El nivel tecnológico de los cultivos del área de estudio no experimenta cambios y se sigue regando tradicional y mayoritariamente por eras (tendido con pretiles).

A su vez, en cuanto al uso de maquinaria, se considera la mecanización de labores como preparación de suelos, cosecha, aplicación de agroquímicos etc., reduciendo el uso de mano de obra en estos ítems, en especial considerando la baja disponibilidad de este recurso en la zona.

Se debe señalar que el nivel tecnológico de los cultivos del área de estudio no experimenta cambios y se sigue regando de forma tradicional principalmente por eras (tendido con pretiles), no obstante, bajo el escenario que incorpora tratamiento de aguas y mejor seguridad de riego para Calama, se debe considerar la implementación de tecnificación asociada al riego como una forma de maximizar el uso del recurso hídrico (lechuga en invernaderos).

Los costos de mano de obra, insumos agrícolas y de maquinaria, son los mismos para Situación Actual y Con Proyecto, 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 cosecha. Además, se añaden jornadas de mano de obra y maquinaria en algunas labores de acuerdo al aumento de dosis y número de aplicaciones de los productos recomendados.

Es importante señalar que el logro de estos cambios (donde proceden) están mediados por la incorporación al proyecto un programa de asistencia técnica y transferencia tecnológica. De esta forma se incrementan en el tiempo rendimientos y márgenes por hectárea en respuesta a la mayor seguridad de riego y a los pequeños cambios de manejo, reflejado en mejores rendimientos. Se detalla en el acápite de transferencia tecnológica y asistencia técnica las características de esta campaña de capacitación de agricultores para lograr un eficiente uso del recurso hídrico disponible.

En este estudio, al margen de aspectos técnicos, recomienda realizar cambios en la gestión del negocio agrícola, evolucionando en el aspecto comercial de la agricultura. En este sentido, los productores debiesen regularizar 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, en especial en el contexto de nuevos cultivos.

Es necesario al mismo tiempo, fortalecer las organizaciones de usuarios de aguas en el área de estudio, para una eficiente administración de la operación del sistema de riego y sus obras, con el objeto de facilitar la distribución del agua independientemente del escenario en cuestión.

Se presenta así, en el Cuadro 12.1.1.5-1, un resumen de las variaciones de rendimiento generadas en los cultivos, producto de la influencia de los diversos escenarios descritos y según cada sector de riego específico. Queda en evidencia el escaso impacto asociado al contexto general de los escenarios, en especial los de cantidad de agua lo que, en primera instancia, hace visualizar la **necesidad deseguir ahondando en el aspecto de mejoramiento de calidad de aguas en Situación Con Proyecto, dado su mayor impacto en la productividad agrícola.**

**CUADRO 12.1.1.5-1**
**RESUMEN DE MODIFICACIONES INTRODUCIDAS PARA DETERMINAR LOS BENEFICIOS AGROECONÓMICOS**

| Calama | | |
|---|---|---|
| **Escenario** | **Cultivos** | **Variación** |
| 1 | Todos los cultivos | 0% |
| 2, 3, 4 y 9 | Maíz Choclo, Alfalfa | 20% |
| 5 | Maíz Choclo, Alfalfa | 20% |
| 6 | Maíz Choclo, Alfalfa | 30% |
| 7, E8S1+Qeco y E9S3 | Maíz Choclo, Alfalfa | 30% |
| | Zanahoria, acelga, betarraga, lechuga | Introd. con ídem rendimientos a ChiuChiu Lasana |
| 7 y E8S2+Qeco | Maíz Choclo, Alfalfa | 30% |
| | Zanahoria, acelga, betarraga, lechuga | Introducción con rendimientos 80% los de ChiuChiu Lasana |
| **ChiuChiu-Lasana** | | |
| 1 | Todos los cultivos | 0% |
| 2, 3, 4 y 9 | Todos los cultivos | 0% |
| 5 | Zanahoria, acelga, betarraga, lechuga, maíz choclo y alfalfa | 20% |
| 6 | Todos los cultivos | 0% |
| 7 | Todos los cultivos | 0% |
| E8S1+Qeco y E8S2+Qeco | Todos los cultivos | 0% |
| **Ayquina, Turi y Paniri** | | |
| 1 | Todos los cultivos | 0% |
| 2, 3, 4 y 9 | Todos los cultivos | 0% |
| 5 | Todos los cultivos | 0% |
| 6 | Todos los cultivos | 0% |
| 7 | Todos los cultivos | 0% |
| E8S1+Qeco y E8S2+Qeco | Todos los cultivos | 0% |

Fuente: Elaboración propia.

12.1.2. Uso del Suelo

En concordancia con el diagnóstico de la Situación Actual Agropecuaria y los criterios de desarrollo expuestos para cada escenario y sub escenario, se concluye que:

- **Escenarios 1, 2, 3, 4, 5 y 9:** No se proyectan variaciones en la estructura de cultivos del suelo agrícola con respecto a la Situación Actual. En el caso del Escenario 3, la superficie regada en el Sector de Calama aumenta en concordancia con el volumen del embalse Turi analizado, pero manteniendo la proporción de cada cultivo.

- **Escenario 6:** A pesar de que, tal como se indica en el Capítulo 4, en este escenario se buscó lograr un mejoramiento de la calidad del agua, los resultados son insuficientes para proyectar un cambio de estructura productiva con respecto a la Situación Actual, tal como los Escenarios antes mencionados.

- **Escenarios 7, 8S1+Qeco y 9S3:** En estos casos, el mejoramiento de la calidad del agua, en especial con respecto a la disminución de la salinidad (ver Capítulo 4), posibilitan la implementación masiva de cultivos de mayor rentabilidad. En términos específico, en el sector de Calama se incorporaron especies de hortalizas presentes actualmente en el sector de ChiuChiu, en desmedro de cultivos de maíz y alfalfa.

- **8S2+Qeco:** Los resultados del Capítulo 4 muestran que existe un mejoramiento apreciable de la calidad del agua, pero no al nivel de los Escenarios 7 y 8S1+Qeco. Por ello, se estableció un cambio de la estructura productiva actual más acotado, incorporando una proporción menor de hortalizas que en los Escenarios 7 y 8S1+Qeco.

La definición y modelación de cada Escenario determina la oferta de agua distribuida, la estructura de cultivos y la demanda de agua para riego. El balance oferta-demanda se puede resumir en los indicadores de seguridad de riego alcanzada y satisfacción de la demanda, siendo este último el que repercute sobre los ingresos agrícolas finales que se proyectan en los flujos agroeconómicos[1]. Cabe destacar que en el caso del Escenario 3, las seguridades de riego corresponden al análisis de las superficies de riego con 85% de seguridad obtenidas de la simulación de la operación de cinco volúmenes de embalses distintos. La seguridad de riego para cada escenario se presenta en el Cuadro 12.1.2-1.

[1] Tal como se describe en el "Metodología Formulación y Evaluación de Proyectos de Riego" y diversos estudios agreconómicos realizados por la CNR y DOH, cuando la seguridad de riego obtenida en un escenario es menor al 85%, la superficie evaluada continúa siendo el **área de riego física,** es decir, la presentada en el Cuadro 12.1.2-2. Para efectos de la evaluación, la baja seguridad de riego se verá reflejada en términos económicos según lo descrito en el Acápite 12.1.6, utilizando el indicador de satisfacción de la demanda para afectar los ingreesos agrícolas de cada cultivo y año.

**CUADRO 12.1.2-1**
**SEGURIDAD DE RIEGO (%) SITUACIÓN CON PROYECTO**
**TODOS LOS ESCENARIOS**

| Escenario | Sub Escenario | Calama | Chiuchiu | Turi-Ayquina-Paniri | Ponderada |
|---|---|---|---|---|---|
| **Actual** | | 24,14 | 0,00 | 24,14 | **17,68** |
| **1** | **1** | 41,38 | 3,45 | 41,38 | **31,23** |
| | **2** | 44,83 | 3,45 | 44,83 | **33,75** |
| | **3** | 44,83 | 6,90 | 44,83 | **34,67** |
| **2** | | 86,21 | 3,45 | 89,66 | **64,51** |
| **3** | **1** | 84,50 | 0,00 | 24,14 | **53,80** |
| | **2** | 86,20 | 0,00 | 24,14 | **54,82** |
| | **3** | 85,52 | 0,00 | 24,14 | **54,41** |
| | **4** | 84,85 | 0,00 | 24,14 | **54,01** |
| | **5** | 86,20 | 0,00 | 24,14 | **54,82** |
| **4** | **1** | 86,21 | 3,45 | 89,66 | **64,51** |
| | **2** | 20,69 | 0,00 | 10,34 | **13,77** |
| | **3** | 31,03 | 0,00 | 27,59 | **22,27** |
| | **4** | 86,21 | 3,45 | 89,66 | **64,51** |
| | **5** | 86,21 | 3,45 | 89,66 | **64,51** |
| **5** | | 37,90 | 31,00 | 37,90 | **36,05** |
| **6** | **1** | 24,10 | 0,00 | 24,10 | **17,65** |
| | **2** | 17,20 | 0,00 | 17,20 | **12,60** |
| | **3** | 24,10 | 0,00 | 24,10 | **17,65** |
| | **4** | 17,20 | 0,00 | 17,20 | **12,60** |
| **7** | **1** | 0,00 | 0,00 | 100,00 | **13,39** |
| | **2** | 0,00 | 0,00 | 100,00 | **13,39** |
| **8** | **1+Qeco** | 13,80 | 10,30 | 100,00 | **24,40** |
| | **2+Qeco** | 100,00 | 51,70 | 100,00 | **87,07** |
| **9** | **a** | 86,21 | 3,45 | 89,66 | **64,51** |
| | **b** | 86,21 | 3,45 | 89,66 | **64,51** |

Fuente: Elaboración propia.

El uso del suelo futuro se presenta en los Cuadros 12.1.2-2 y 12.1.2-3 para los Escenarios enfocados al aumento de la cantidad (oferta) de agua y en el Cuadro 12.1.2-4 para los escenarios que priorizan el mejoramiento de la calidad del agua.

**CUADRO 12.1.2-2**
**USO DEL SUELO SITUACIÓN CON PROYECTO**
**ESCENARIOS 1, 2, 4, 5 Y 9**

| Cultivo | Calama | | Chiuchiu-Lasana | | Turi-Ayquina-Paniri | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ha | % | ha | % | ha | % | ha | % |
| Choclo | 70,3 | 15,5 | 0,0 | 0,0 | 10,9 | 10,7 | 81,2 | 10,7 |
| Zanahoria | 0,0 | 0,0 | 134,5 | 66,2 | 0,2 | 0,2 | 134,8 | 17,8 |
| Betarraga | 0,0 | 0,0 | 3,7 | 1,8 | 0,0 | 0,0 | 3,7 | 0,5 |
| Haba | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 5,7 | 5,6 | 5,8 | 0,8 |
| Maíz (grano) | 115,3 | 25,4 | 15,6 | 7,7 | 10,8 | 10,6 | 141,8 | 18,7 |
| Alfalfa | 265,9 | 58,5 | 40,0 | 19,7 | 61,8 | 60,8 | 367,7 | 48,4 |
| Otros Cultivos | 2,6 | 0,6 | 9,4 | 4,6 | 12,2 | 12,0 | 24,1 | 3,2 |
| **Total** | **454,3** | **100,0** | **203,2** | **100,0** | **101,6** | **100,0** | **759,1** | **100,0** |

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 12.1.2-3**
**USO DEL SUELO CALAMA SITUACIÓN CON PROYECTO**
**ESCENARIO 3**

| Cultivo | Esc3S1 | | Esc3S2 | | Esc3S3 | | Esc3S4 | | Esc3S4 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ha | % | ha | % | ha | % | ha | % | ha | % |
| Choclo | 80,1 | 15,5 | 83,6 | 15,5 | 85,3 | 15,5 | 86,2 | 15,5 | 87,1 | 15,5 |
| Zanahoria | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Betarraga | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Haba | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,0 |
| Maíz (grano) | 131,4 | 25,4 | 137,1 | 25,4 | 139,9 | 25,4 | 141,4 | 25,4 | 142,8 | 25,4 |
| Alfalfa | 302,9 | 58,5 | 316,1 | 58,5 | 322,5 | 58,5 | 326,0 | 58,5 | 329,2 | 58,5 |
| Otros Cultivos | 3,0 | 0,6 | 3,1 | 0,6 | 3,2 | 0,6 | 3,2 | 0,6 | 3,2 | 0,6 |
| **Total** | **517,5** | **100,0** | **540,0** | **100,0** | **551,0** | **100,0** | **557,0** | **100,0** | **562,5** | **100,0** |

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 12.1.2-4**
**USO DEL SUELO CALAMA SITUACIÓN CON PROYECTO**
**ESCENARIOS 6, 7 Y 8**

| Cultivo | Esc6 | | Esc7 y Esc8S1+Qeco | | Esc8S2+Qeco | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ha | % | ha | % | ha | % |
| Choclo | 70,3 | 15,5 | 45,4 | 10,0 | 57,9 | 12,7 |
| Zanahoria | 0,0 | 0,0 | 227,1 | 50,0 | 113,6 | 25,0 |
| Betarraga | 0,0 | 0,0 | 90,9 | 20,0 | 45,4 | 10,0 |
| Haba | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 |
| Maíz (grano) | 115,3 | 25,4 | 0,0 | 0,0 | 57,7 | 12,7 |
| Alfalfa | 265,9 | 58,5 | 45,4 | 10,0 | 155,7 | 34,3 |
| Otros Cultivos | 2,6 | 0,6 | 45,4 | 10,0 | 24,0 | 5,3 |
| **Total** | **454,3** | **100,0** | **454,3** | **100,0** | **454,3** | **100,0** |

Fuente: Elaboración propia.

12.1.3. Gradualidad de los Cambios Propuestos

Como ya se mencionó anteriormente, los cambios provocados por los diferentes escenarios se centran en el mejoramiento progresivo del manejo productivo, que finalmente repercuten en los márgenes económicos.

Para la determinación del período de transición de los márgenes entre Situación Actual y Situación Con Proyecto se considera una curva de gradualidad dependiente de las características técnicas y culturales imperantes actualmente y que, de manera frecuente, presentan una resistencia al cambio. De acuerdo con estas estimaciones, en el Cuadro 12.1.3-1 se presenta la gradualidad de incorporación porcentual considerada.

**CUADRO 12.1.3-1**
**GRADO DE ESTABILIZACIÓN DE LOS MÁRGENES BRUTOS**
**ESPECIES EXISTENTES**

| Año | Estabilización de los Márgenes (%) |
|---|---|
| 0 | 0 |
| 1 | 5 |
| 2 | 25 |
| 3 | 35 |
| 4 | 50 |
| 5 | 70 |
| 6 | 85 |
| 7 | 95 |
| 8 | 100 |
| 9 | 100 |

Fuente: Elaboración propia.

12.1.4. Demandas de Agua para Uso Agrícola Situación Con Proyecto

Para el cálculo de las demandas de riego en Situación Con Proyecto, insumo imprescindible para el modelo de simulación hidrológica, se utilizó la misma metodología descrita en la Situación Actual.

Para los Escenarios relacionados con el aumento de la cantidad de agua disponible para riego, los criterios de desarrollo y la estructura de cultivos propuesta en el uso del suelo determinan que las demandas de agua de los Escenarios 1, 2, 4, 5 y 9 no varían con respecto a la Situación Actual. Por su parte, las demandas del Escenario 3 varían en proporción al aumento de superficie con 85% de seguridad de riego en el sector de Calama, consecuencia de la variación del volumen almacenado en el embalse Turi.

Por otra parte, las demandas de agua de los Escenarios de mejoramiento de la calidad del agua varían en relación a la conductividad eléctrica alcanzada en el sector de Calama (Cuadro 12.1.4-1), lo que disminuye las necesidades de lixiviación para remover las sales del agua y el suelo agrícola con respecto a la Situación Actual[2].

**CUADRO 12.1.4-1**
**CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ESCENARIOS**

| Escenario | Conductividad Eléctrica (mS/m) |
|---|---|
| **Actual** | 6.214 |
| **1, 2, 3, 4, 5 y 9** | 6.214 |
| **6S1** | 0 |
| **6S2** | 0 |
| **6S3** | 0 |
| **6S4** | 0 |
| **7S1** | 3.399 |
| **7S2** | 3.233 |
| **8S1+Qeco y 9S3** | 2.102 |
| **8S2+Qeco** | 4.187 |

Fuente: Elaboración propia.

En los Cuadros12.1.4-2 a12.1.4-4 se presentan un resumen de los resultados obtenidos para cada Escenario. En el Anexo 12-2 se adjunta el detalle de los cálculos realizados.

[2]Según la metodología propuesta por FAO en su Paper 29 Rev. 1 de FAO, denominado "WaterQualityforAgriculture" (1985) ya explicada para la Situación Actual.

## CUADRO 12.1.4-2
## RESUMEN DEMANDA BRUTA FINAL (m³/mes) Y TASA DE RIEGO PONDERADA FINAL (m³/ha/mes)
## ESCENARIOS 1, 2, 4, 5 Y 9

| Demandas Brutas + Lixiviación (m³/mes) | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Sector** | **Sup (ha)** | **Abr** | **May** | **Jun** | **Jul** | **Ago** | **Sep** | **Oct** | **Nov** | **Dic** | **Ene** | **Feb** | **Mar** | **TOTAL** |
| Calama | 454,3 | 1.259.160 | 1.063.832 | 773.503 | 690.227 | 775.694 | 1.349.973 | 1.876.558 | 2.423.776 | 2.784.548 | 3.180.035 | 2.922.469 | 2.371.121 | **21.470.896** |
| Chiuchiu | 203,2 | 156.813 | 158.154 | 134.574 | 103.125 | 112.222 | 573.498 | 737.407 | 847.478 | 959.071 | 1.022.631 | 933.735 | 234.396 | **5.973.104** |
| Caspana | 101,6 | 206.524 | 210.193 | 177.281 | 149.545 | 166.720 | 250.448 | 313.928 | 324.836 | 317.486 | 361.854 | 357.494 | 291.893 | **3.128.202** |
| **Total** | **759,1** | **1.622.498** | **1.432.179** | **1.085.357** | **942.896** | **1.054.637** | **2.173.919** | **2.927.894** | **3.596.091** | **4.061.104** | **4.564.520** | **4.213.698** | **2.897.410** | **30.572.202** |
| **Tasa de Riego Ponderada Dda + Lixiviación (m³/ha/mes)** | | | | | | | | | | | | | | |
| **Sector** | **Sup (ha)** | **Abr** | **May** | **Jun** | **Jul** | **Ago** | **Sep** | **Oct** | **Nov** | **Dic** | **Ene** | **Feb** | **Mar** | **TOTAL** |
| Calama | 454,3 | 2.771,6 | 2.341,7 | 1.702,6 | 1.519,3 | 1.707,4 | 2.971,5 | 4.130,7 | 5.335,2 | 6.129,3 | 6.999,9 | 6.432,9 | 5.219,3 | **47.261,5** |
| Chiuchiu | 203,2 | 771,6 | 778,2 | 662,2 | 507,5 | 552,2 | 2.822,1 | 3.628,6 | 4.170,2 | 4.719,4 | 5.032,1 | 4.594,7 | 1.153,4 | **29.392,3** |
| Caspana | 101,6 | 2.032,1 | 2.068,2 | 1.744,4 | 1.471,5 | 1.640,5 | 2.464,3 | 3.088,9 | 3.196,3 | 3.123,9 | 3.560,5 | 3.517,6 | 2.872,1 | **30.780,3** |

Fuente: Elaboración propia a partir de FAO (1985).

**CUADRO 12.1.4-3**
**RESUMEN DEMANDA BRUTA FINAL (m³/año) Y TASA DE RIEGO PONDERADA FINAL (m³/ha/año)**
**ESCENARIO 3**

| Sector | Demandas Brutas + Lixiviación (m³/año) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Esc10S1 | Esc10S2 | Esc10S3 | Esc10S4 | Esc10S5 |
| Calama | 24.457.822 | 25.521.205 | 26.041.082 | 26.324.651 | 26.584.589 |
| Chiuchiu | 5.973.104 | 5.973.104 | 5.973.104 | 5.973.104 | 5.973.104 |
| Caspana | 3.128.202 | 3.128.202 | 3.128.202 | 3.128.202 | 3.128.202 |
| **Total** | **33.559.129** | **34.622.512** | **35.142.389** | **35.425.957** | **35.685.896** |
| **Sector** | **Tasa de Riego Ponderada Dda + Lixiviación (m³/ha/año)** | | | | |
| | Esc 10S1 | Esc 10S2 | Esc 10S3 | Esc 10S4 | Esc 10S5 |
| Calama | 47.261,5 | 47.261,5 | 47.261,5 | 47.261,5 | 47.261,5 |
| Chiuchiu | 29.392,3 | 29.392,3 | 29.392,3 | 29.392,3 | 29.392,3 |
| Caspana | 30.780,3 | 30.780,3 | 30.780,3 | 30.780,3 | 30.780,3 |

Fuente:Elaboración propia a partir de FAO (1985).

**CUADRO 12.1.4-4**
**RESUMEN DEMANDA BRUTA FINAL (m³/año) Y TASA DE RIEGO PONDERADA FINAL (m³/ha/año)**
**ESCENARIOS 6, 7 Y 8**

| Demandas Brutas + Lixiviación (m3/año) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Sector** | **Esc6S1** | **Esc6S2** | **Esc6S3** | **Esc6S4** | **Esc7S1** | **Esc7S2** | **Esc8S1+Qeco** | **Esc8S2+Qeco** |
| Calama | 18.487.277 | 18.474.749 | 18.484.838 | 18.470.651 | 12.997.724 | 12.990.111 | 12.919.438 | 15.762.003 |
| Chiuchiu | 5.973.104 | 5.973.104 | 5.973.104 | 5.973.104 | 5.973.104 | 5.973.104 | 5.973.104 | 5.973.104 |
| Caspana | 3.128.202 | 3.128.202 | 3.128.202 | 3.128.202 | 3.128.202 | 3.128.202 | 3.128.202 | 3.128.202 |
| **Total** | **27.588.584** | **27.576.056** | **27.586.144** | **27.571.958** | **22.099.031** | **22.091.418** | **22.020.745** | **24.863.310** |
| **Tasa de Riego Ponderada Dda + Lixiviación (m3/ha/año)** | | | | | | | | |
| **Sector** | **Esc6S1** | **Esc6S2** | **Esc6S3** | **Esc6S4** | **Esc7S1** | **Esc7S2** | **Esc8S1+Qeco** | **Esc8S2+Qeco** |
| Calama | 40.694,0 | 40.666,4 | 40.688,6 | 40.657,4 | 28.610,4 | 28.593,7 | 28.438,1 | 34.695,1 |
| Chiuchiu | 29.392,3 | 29.392,3 | 29.392,3 | 29.392,3 | 29.392,3 | 29.392,3 | 29.392,3 | 29.392,3 |
| Caspana | 30.780,3 | 30.780,3 | 30.780,3 | 30.780,3 | 30.780,3 | 30.780,3 | 30.780,3 | 30.780,3 |

Fuente:Elaboración propia a partir de FAO (1985).

## 12.1.5. Caracterización Económica

### 12.1.5.1. Fichas Técnico Económicas

Se elaboraron fichas o estándares productivos y económicos por cultivo, considerando para ello el nivel tecnológico actual y el nivel potencialmente alcanzable en Situación Con Proyecto. Dichos estándares se llevaron a cabo para cada uno de los rubros

productivos designados para el área del proyecto según el tipo de escenario de mejoramiento y según cada sector dentro del área de estudio.

Se utilizó como base para la confección de estos estandares la información de las fichas técnico-económicas de la Situación Actual y de información secundaria obtenida mayoritariamente de INDAP en relación a la zona, introduciendo mejoras productivas a niveles de proyecto. Al mismo tiempo se recurrió a textos especializados, otros estudios similares y la experiencia del consultor en esta materia para la confección de fichas asociadas a nuevas alternativas de cultivo.

Además, se procuró acercamiento a los estandares técnicos de manejo de agroquímicos y fertilizantes recomendados por los fabricantes dependiendo de cada cultivo, su estado de desarrollo y la época del año en que se implementa su uso.

En el cálculo de márgenes de cada estándar, no se han considerado los costos de inversión del riego tecnificado en el caso de invernaderos.

Los costos de los insumos no contemplan I.V.A. y han sido aproximados a la fracción superior, eliminando los decimales resultantes en las operaciones aritméticas.

Se ha considerado en todos los costos directos, de cada uno de los rubros, un costo por concepto de imprevistos, el que asciende a un 5% de los costos directos en que se ha incurrido.

Los precios unitarios y los coeficientes técnicos para la conversión a precios sociales son los mismos utilizados en la Situación Actual, con fecha Diciembre de 2016.

De esta forma, se presentan fichas técnico-económicas de la Situación Con Proyecto para los Escenarios de mejoramiento. En base a la argumentación descrita en los criterios de desarrollo (Acápite 12.1.1), se presentan en el Anexo 12-3, las fichas técnicas por grupos de escenarios que inciden de similar forma en el desarrollo productivo de cada sector de riego. Estas aparecen diferenciadas por cultivo y nivel tecnológico.

#### 12.1.5.2. Ingreso, Costos y Margen Bruto

En los Cuadros 12.1.5.2-1 al 12.1.5.2-7 se presenta un resumen con los ingresos y costos directos para cada rubro productivo considerado en la Situación Con Proyecto por cada escenario o grupo de escenarios descritos.

Además en los Cuadros 12.1.5.2-8 y 12.1.5.2-14 se comparan los margenes futuros propuestos con los obtenidos en Situación Actual, en los escenarios descritos, indicando las variaciones respectivas.

Se debe comentar a partir de la información contenida en estos Cuadros que en términos generales los margenes experimentan un mayor aumento en el contexto de mejoramiento de calidad de aguas solo en el sector de Calama y en forma leve dada la poca diferencia en calidad de aguas resultante de los sub escenarios de calidad.

El comparativamente menor desarrollo agrícola del área de estudio respecto de la zona central, hace que la oferta de productos agrícolas sea escasa y obligatoriamente provenga de otras zonas y eleve considerablemente los precios de mercado. Es así como estos precios se conservan en Situación Con Proyecto desde la Situación Actual, produciendo altos márgenes al asociarlos con los rendimientos propios de esta situación productiva.

**CUADRO 12.1.5.2-1**
**INGRESO, COSTO DIRECTO Y MARGEN BRUTO POR HECTÁREA SITUACIÓN CON PROYECTO**
**ESCENARIO 1 DE MEJORAMIENTO DE CONDUCCIÓN DE AGUA**
**(PRECIOS DICIEMBRE DE 2016)**

| Cultivo | Variedad | Nivel | Año | Precios de mercado ($) | | | Precios sociales ($) | | | Rendimiento | Unidad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Ingreso | Costo | Margen Bruto | Ingreso | Costo | Margen Bruto | | |
| Zanahoria ChiuChiu Lasana | Corriente | Bajo | 1 | 8.500.000 | 3.855.262 | 4.644.738 | 8.500.000 | 3.190.229 | 5.309.771 | 500 | Saco 40 kg/ha |
| Acelga ChiuChiu Lasana | Bressane | Bajo | 1 | 7.140.000 | 4.366.279 | 2.773.721 | 7.140.000 | 3.644.939 | 3.495.061 | 15.000 | Atado/ha |
| Betarraga ChiuChiu Lasana | Corriente | Bajo | 1 | 6.800.000 | 3.855.262 | 2.944.738 | 6.800.000 | 3.190.229 | 3.609.771 | 17.000 | Atado/ha |
| Lechuga ChiuChiu Lasana | Gran Rapids | Medio | 1 | 24.000.000 | 4.649.639 | 19.350.361 | 24.000.000 | 4.333.629 | 19.666.371 | 60.000 | Un./ha |
| Maíz Choclo ChiuChiu Lasana | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | 1 | 3.080.000 | 1.824.324 | 1.255.676 | 3.080.000 | 1.616.488 | 1.463.512 | 11.000 | Un./ha |
| Maíz Choclo Calama | Calameño o Morocho Blanco | Medio | 1 | 2.520.000 | 1.824.324 | 695.676 | 2.520.000 | 1.616.488 | 903.512 | 9.000 | Un./ha |
| Maíz Choclo Turi Paniri Ayquina | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | 1 | 3.080.000 | 1.824.324 | 1.255.676 | 3.080.000 | 1.616.488 | 1.463.512 | 11.000 | Un./ha |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | Alta Sierra | Bajo | 1 | 2.517.483 | 3.256.295 | -738.812 | 2.517.483 | 3.138.482 | -620.999 | 315 | Fardos/ha |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | Alta Sierra | Bajo | 2 | 3.600.000 | 1.288.837 | 2.311.163 | 3.600.000 | 1.193.486 | 2.406.514 | 450 | Fardos/ha |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Medio | 1 | 2.069.930 | 3.138.812 | -1.068.882 | 2.069.930 | 3.020.177 | -950.247 | 259 | Fardos/ha |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Medio | 2 | 2.960.000 | 1.120.837 | 1.839.163 | 2.960.000 | 1.024.310 | 1.935.690 | 370 | Fardos/ha |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | Alta Sierra | Bajo | 1 | 2.517.483 | 3.256.295 | -738.812 | 2.517.483 | 3.138.482 | -620.999 | 315 | Fardos/ha |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | Alta Sierra | Bajo | 2 | 3.600.000 | 1.288.837 | 2.311.163 | 3.600.000 | 1.193.486 | 2.406.514 | 450 | Fardos/ha |
| Haba Turi Paniri Ayquina | Corriente | Bajo | 1 | 5.100.000 | 2.045.508 | 3.054.492 | 5.100.000 | 1.679.851 | 3.420.149 | 170 | Saco 40 kg/ha |
| Ganadería Crianza Turi Paniri Ayquina | Ovinos | Bajo | 1 | 3.906.250 | 3.224.529 | 681.721 | 3.906.250 | 3.075.142 | 831.108 | 50 | Un./ha |

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas técnico-económicas de cultivos.

**CUADRO 12.1.5.2-2**
**INGRESO, COSTO DIRECTO Y MARGEN BRUTO POR HECTÁREA SITUACIÓN CON PROYECTO**
**ESCENARIOS 2-3-4-9DE MEJORAMIENTO DE SUMINISTRO DE AGUA**
**(PRECIOS DICIEMBRE DE 2016)**

| Cultivo | Variedad | Nivel | Año | Precios de mercado ($) | | | Precios sociales ($) | | | Rendimiento | Unidad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Ingreso | Costo | Margen Bruto | Ingreso | Costo | Margen Bruto | | |
| Zanahoria ChiuChiu Lasana | Corriente | Bajo | 1 | 8.500.000 | 3.855.262 | 4.644.738 | 8.500.000 | 3.190.229 | 5.309.771 | 500 | Saco 40 kg/ha |
| Acelga ChiuChiu Lasana | Bressane | Bajo | 1 | 7.140.000 | 4.366.279 | 2.773.721 | 7.140.000 | 3.644.939 | 3.495.061 | 15.000 | Atado/ha |
| Betarraga ChiuChiu Lasana | Corriente | Bajo | 1 | 6.800.000 | 3.855.262 | 2.944.738 | 6.800.000 | 3.190.229 | 3.609.771 | 17.000 | Atado/ha |
| Lechuga ChiuChiu Lasana | Gran Rapids | Medio | 1 | 24.000.000 | 4.649.639 | 19.350.361 | 24.000.000 | 4.333.629 | 19.666.371 | 60.000 | Un./ha |
| Maíz Choclo ChiuChiu Lasana | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | 1 | 3.080.000 | 1.824.324 | 1.255.676 | 3.080.000 | 1.616.488 | 1.463.512 | 11.000 | Un./ha |
| Maíz Choclo Calama | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | 1 | 3.024.000 | 2.189.189 | 834.811 | 3.024.000 | 1.939.785 | 1.084.215 | 10.800 | Un./ha |
| Maíz Choclo Turi Paniri Ayquina | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | 1 | 3.080.000 | 1.824.324 | 1.255.676 | 3.080.000 | 1.616.488 | 1.463.512 | 11.000 | Un./ha |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | Alta Sierra | Bajo | 1 | 2.517.483 | 3.256.295 | -738.812 | 2.517.483 | 3.138.482 | -620.999 | 315 | Fardos/ha |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | Alta Sierra | Bajo | 2 | 3.600.000 | 1.288.837 | 2.311.163 | 3.600.000 | 1.193.486 | 2.406.514 | 450 | Fardos/ha |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Bajo | 1 | 2.483.916 | 3.636.802 | -1.152.886 | 2.483.916 | 3.500.561 | -1.016.645 | 310 | Fardos/ha |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Bajo | 2 | 3.552.000 | 1.345.005 | 2.206.995 | 3.552.000 | 1.229.172 | 2.322.828 | 444 | Fardos/ha |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | Alta Sierra | Bajo | 1 | 2.517.483 | 3.256.295 | -738.812 | 2.517.483 | 3.138.482 | -620.999 | 315 | Fardos/ha |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | Alta Sierra | Bajo | 2 | 3.600.000 | 1.288.837 | 2.311.163 | 3.600.000 | 1.193.486 | 2.406.514 | 450 | Fardos/ha |
| Haba Turi Paniri Ayquina | Corriente | Bajo | 1 | 5.100.000 | 2.045.508 | 3.054.492 | 5.100.000 | 1.679.851 | 3.420.149 | 170 | Saco 40 kg/ha |
| Ganadería Crianza Turi Paniri Ayquina | Ovinos | Bajo | 1 | 3.906.250 | 3.224.529 | 681.721 | 3.906.250 | 3.075.142 | 831.108 | 50 | Un./ha |

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas técnico-económicas de cultivos.

**CUADRO 12.1.5.2-3**
**INGRESO, COSTO DIRECTO Y MARGEN BRUTO POR HECTÁREA SITUACIÓN CON PROYECTO**
**ESCENARIO5 DE MEJORAMIENTO DE REGULACIÓN DE SUMINISTRO DE AGUA**
**(PRECIOS DICIEMBRE DE 2016)**

| Cultivo | Variedad | Nivel | Año | Precios de mercado ($) | | | Precios sociales ($) | | | Rendimiento | Unidad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Ingreso | Costo | Margen Bruto | Ingreso | Costo | Margen Bruto | | |
| Zanahoria ChiuChiu Lasana | Corriente | Bajo | 1 | 10.200.000 | 4.626.315 | 5.573.685 | 10.200.000 | 3.828.275 | 6.371.725 | 600 | Saco 40 kg/ha |
| Acelga ChiuChiu Lasana | Bressane | Bajo | 1 | 8.568.000 | 5.239.535 | 3.328.465 | 8.568.000 | 4.373.927 | 4.194.073 | 18.000 | Atado/ha |
| Betarraga ChiuChiu Lasana | Corriente | Bajo | 1 | 8.160.000 | 4.626.315 | 3.533.685 | 8.160.000 | 3.828.275 | 4.331.725 | 20.400 | Atado/ha |
| Lechuga ChiuChiu Lasana | Gran Rapids | Medio | 1 | 28.800.000 | 5.579.566 | 23.220.434 | 28.800.000 | 5.200.355 | 23.599.645 | 72.000 | Un./ha |
| Maíz Choclo ChiuChiu Lasana | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | 1 | 3.696.000 | 2.189.189 | 1.506.811 | 3.696.000 | 1.939.785 | 1.756.215 | 13.200 | Un./ha |
| Maíz Choclo Calama | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | 1 | 3.024.000 | 2.189.189 | 834.811 | 3.024.000 | 1.939.785 | 1.084.215 | 10.800 | Un./ha |
| Maíz Choclo Turi Paniri Ayquina | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | 1 | 3.080.000 | 1.824.324 | 1.255.676 | 3.080.000 | 1.616.488 | 1.463.512 | 11.000 | Un./ha |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | Alta Sierra | Bajo | 1 | 3.020.979 | 3.777.781 | -756.802 | 3.020.979 | 3.642.527 | -621.548 | 378 | Fardos/ha |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | Alta Sierra | Bajo | 2 | 4.320.000 | 1.546.605 | 2.773.395 | 4.320.000 | 1.432.183 | 2.887.817 | 540 | Fardos/ha |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Bajo | 1 | 2.483.916 | 3.636.802 | -1.152.886 | 2.483.916 | 3.500.561 | -1.016.645 | 310 | Fardos/ha |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Bajo | 2 | 3.552.000 | 1.345.005 | 2.206.995 | 3.552.000 | 1.229.172 | 2.322.828 | 444 | Fardos/ha |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | Alta Sierra | Bajo | 1 | 2.517.483 | 3.256.295 | -738.812 | 2.517.483 | 3.138.482 | -620.999 | 315 | Fardos/ha |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | Alta Sierra | Bajo | 2 | 3.600.000 | 1.288.837 | 2.311.163 | 3.600.000 | 1.193.486 | 2.406.514 | 450 | Fardos/ha |
| Haba Turi Paniri Ayquina | Corriente | Bajo | 1 | 5.100.000 | 2.045.508 | 3.054.492 | 5.100.000 | 1.679.851 | 3.420.149 | 170 | Saco 40 kg/ha |
| Ganadería Crianza Turi Paniri Ayquina | Ovinos | Bajo | 1 | 3.906.250 | 3.224.529 | 681.721 | 3.906.250 | 3.075.142 | 831.108 | 50 | Un./ha |

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas técnico-económicas de cultivos.

**CUADRO 12.1.5.2-4**
**INGRESO, COSTO DIRECTO Y MARGEN BRUTO POR HECTÁREA SITUACIÓN CON PROYECTO**
**ESCENARIO6 DE REGULACIÓN DE SUMINISTRO Y CALIDAD DE AGUA**
**(PRECIOS DICIEMBRE DE 2016)**

| Cultivo | Variedad | Nivel | Año | Precios de mercado ($) | | | Precios sociales ($) | | | Rendimiento | Unidad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Ingreso | Costo | Margen Bruto | Ingreso | Costo | Margen Bruto | | |
| Zanahoria ChiuChiu Lasana | Corriente | Bajo | 1 | 8.500.000 | 3.855.262 | 4.644.738 | 8.500.000 | 3.190.229 | 5.309.771 | 500 | Saco 40 kg/ha |
| Acelga ChiuChiu Lasana | Bressane | Bajo | 1 | 7.140.000 | 4.366.279 | 2.773.721 | 7.140.000 | 3.644.939 | 3.495.061 | 15.000 | Atado/ha |
| Betarraga ChiuChiu Lasana | Corriente | Bajo | 1 | 6.800.000 | 3.855.262 | 2.944.738 | 6.800.000 | 3.190.229 | 3.609.771 | 17.000 | Atado/ha |
| Lechuga ChiuChiu Lasana | Gran Rapids | Medio | 1 | 24.000.000 | 4.649.639 | 19.350.361 | 24.000.000 | 4.333.629 | 19.666.371 | 60.000 | Un./ha |
| Maíz Choclo ChiuChiu Lasana | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | 1 | 3.080.000 | 1.824.324 | 1.255.676 | 3.080.000 | 1.616.488 | 1.463.512 | 11.000 | Un./ha |
| Maíz Choclo Calama | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | 1 | 3.276.000 | 2.371.622 | 904.378 | 3.276.000 | 2.101.434 | 1.174.566 | 11.700 | Un./ha |
| Maíz Choclo Turi Paniri Ayquina | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | 1 | 3.080.000 | 1.824.324 | 1.255.676 | 3.080.000 | 1.616.488 | 1.463.512 | 11.000 | Un./ha |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | Alta Sierra | Bajo | 1 | 2.517.483 | 3.256.295 | -738.812 | 2.517.483 | 3.138.482 | -620.999 | 315 | Fardos/ha |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | Alta Sierra | Bajo | 2 | 3.600.000 | 1.288.837 | 2.311.163 | 3.600.000 | 1.193.486 | 2.406.514 | 450 | Fardos/ha |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Bajo | 1 | 2.690.909 | 3.950.683 | -1.259.774 | 2.690.909 | 3.802.579 | -1.111.670 | 336 | Fardos/ha |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Bajo | 2 | 3.848.000 | 1.457.088 | 2.390.912 | 3.848.000 | 1.331.603 | 2.516.397 | 481 | Fardos/ha |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | Alta Sierra | Bajo | 1 | 2.517.483 | 3.256.295 | -738.812 | 2.517.483 | 3.138.482 | -620.999 | 315 | Fardos/ha |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | Alta Sierra | Bajo | 2 | 3.600.000 | 1.288.837 | 2.311.163 | 3.600.000 | 1.193.486 | 2.406.514 | 450 | Fardos/ha |
| Haba Turi Paniri Ayquina | Corriente | Bajo | 1 | 5.100.000 | 2.045.508 | 3.054.492 | 5.100.000 | 1.679.851 | 3.420.149 | 170 | Saco 40 kg/ha |
| Ganadería Crianza Turi Paniri Ayquina | Ovinos | Bajo | 1 | 3.906.250 | 3.224.529 | 681.721 | 3.906.250 | 3.075.142 | 831.108 | 50 | Un./ha |

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas técnico-económicas de cultivos.

**CUADRO 12.1.5.2-5**
**INGRESO, COSTO DIRECTO Y MARGEN BRUTO POR HECTÁREA SITUACIÓN CON PROYECTO**
**ESCENARIO 7DE REGULACIÓN DE SUMINISTRO Y CALIDAD DE AGUA**
**(PRECIOS DICIEMBRE DE 2016)**

| Cultivo | Variedad | Nivel | Año | Precios de mercado ($) | | | Precios sociales ($) | | | Rendimiento | Unidad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Ingreso | Costo | Margen Bruto | Ingreso | Costo | Margen Bruto | | |
| Zanahoria ChiuChiu Lasana | Corriente | Medio | 1 | 8.500.000 | 3.855.262 | 4.644.738 | 8.500.000 | 3.190.229 | 5.309.771 | 500 | Saco 40 kg/ha |
| Zanahoria Calama | Corriente | Bajo | 1 | 8.500.000 | 3.855.262 | 4.644.738 | 8.500.000 | 3.190.229 | 5.309.771 | 500 | Saco 40 kg/ha |
| Acelga ChiuChiu Lasana | Bressane | Medio | 1 | 7.140.000 | 4.366.279 | 2.773.721 | 7.140.000 | 3.644.939 | 3.495.061 | 15.000 | Atado/ha |
| Acelga Calama | Bressane | Bajo | 1 | 7.140.000 | 4.366.279 | 2.773.721 | 7.140.000 | 3.644.939 | 3.495.061 | 15.000 | Atado/ha |
| Betarraga ChiuChiu Lasana | Corriente | Medio | 1 | 6.800.000 | 3.855.262 | 2.944.738 | 6.800.000 | 3.190.229 | 3.609.771 | 17.000 | Atado/ha |
| Betarraga Calama | Corriente | Bajo | 1 | 6.800.000 | 3.855.262 | 2.944.738 | 6.800.000 | 3.190.229 | 3.609.771 | 17.000 | Atado/ha |
| Lechuga ChiuChiu Lasana | Gran Rapids | Alto | 1 | 24.000.000 | 4.649.639 | 19.350.361 | 24.000.000 | 4.333.629 | 19.666.371 | 60.000 | Un./ha |
| Lechuga Calama | Gran Rapids | Medio | 1 | 24.000.000 | 4.649.639 | 19.350.361 | 24.000.000 | 4.333.629 | 19.666.371 | 60.000 | Un./ha |
| Maíz Choclo ChiuChiu Lasana | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | 1 | 3.080.000 | 1.824.324 | 1.255.676 | 3.080.000 | 1.616.488 | 1.463.512 | 11.000 | Un./ha |
| Maíz Choclo Calama | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | 1 | 3.276.000 | 2.371.622 | 904.378 | 3.276.000 | 2.101.434 | 1.174.566 | 11.700 | Un./ha |
| Maíz Choclo Turi Paniri Ayquina | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | 1 | 3.080.000 | 1.824.324 | 1.255.676 | 3.080.000 | 1.616.488 | 1.463.512 | 11.000 | Un./ha |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | Alta Sierra | Bajo | 1 | 2.517.483 | 3.256.295 | -738.812 | 2.517.483 | 3.138.482 | -620.999 | 315 | Fardos/ha |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | Alta Sierra | Bajo | 2 | 3.600.000 | 1.288.837 | 2.311.163 | 3.600.000 | 1.193.486 | 2.406.514 | 450 | Fardos/ha |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Bajo | 1 | 2.690.909 | 3.950.683 | -1.259.774 | 2.690.909 | 3.802.579 | -1.111.670 | 336 | Fardos/ha |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Bajo | 2 | 3.848.000 | 1.457.088 | 2.390.912 | 3.848.000 | 1.331.603 | 2.516.397 | 481 | Fardos/ha |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | Alta Sierra | Bajo | 1 | 2.517.483 | 3.256.295 | -738.812 | 2.517.483 | 3.138.482 | -620.999 | 315 | Fardos/ha |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | Alta Sierra | Bajo | 2 | 3.600.000 | 1.288.837 | 2.311.163 | 3.600.000 | 1.193.486 | 2.406.514 | 450 | Fardos/ha |
| Haba Turi Paniri Ayquina | Corriente | Bajo | 1 | 5.100.000 | 2.045.508 | 3.054.492 | 5.100.000 | 1.679.851 | 3.420.149 | 170 | Saco 40 kg/ha |
| Ganadería Crianza Turi Paniri Ayquina | Ovinos | Bajo | 1 | 3.906.250 | 3.224.529 | 681.721 | 3.906.250 | 3.075.142 | 831.108 | 50 | Un./ha |

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas técnico-económicas de cultivos

**CUADRO 12.1.5.2-6**
**INGRESO, COSTO DIRECTO Y MARGEN BRUTO POR HECTÁREA SITUACIÓN CON PROYECTO**
**ESCENARIO E8S1+QECO Y 9S3 DE MEJORAMIENTO DE REGULACIÓN DE SUMINISTRO Y CALIDAD DE AGUA**
**(PRECIOS DICIEMBRE DE 2016)**

| Cultivo | Variedad | Nivel | Año | Precios de mercado ($) | | | Precios sociales ($) | | | Rendimiento | Unidad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Ingreso | Costo | Margen Bruto | Ingreso | Costo | Margen Bruto | | |
| Zanahoria ChiuChiu Lasana | Corriente | Medio | 1 | 8.500.000 | 3.855.262 | 4.644.738 | 8.500.000 | 3.190.229 | 5.309.771 | 500 | Saco 40 kg/ha |
| Zanahoria Calama | Corriente | Bajo | 1 | 8.500.000 | 3.855.262 | 4.644.738 | 8.500.000 | 3.190.229 | 5.309.771 | 500 | Saco 40 kg/ha |
| Acelga ChiuChiu Lasana | Bressane | Medio | 1 | 7.140.000 | 4.366.279 | 2.773.721 | 7.140.000 | 3.644.939 | 3.495.061 | 15.000 | Atado/ha |
| Acelga Calama | Bressane | Bajo | 1 | 7.140.000 | 4.366.279 | 2.773.721 | 7.140.000 | 3.644.939 | 3.495.061 | 15.000 | Atado/ha |
| Betarraga ChiuChiu Lasana | Corriente | Medio | 1 | 6.800.000 | 3.855.262 | 2.944.738 | 6.800.000 | 3.190.229 | 3.609.771 | 17.000 | Atado/ha |
| Betarraga Calama | Corriente | Bajo | 1 | 6.800.000 | 3.855.262 | 2.944.738 | 6.800.000 | 3.190.229 | 3.609.771 | 17.000 | Atado/ha |
| Lechuga ChiuChiu Lasana | Gran Rapids | Alto | 1 | 24.000.000 | 4.649.639 | 19.350.361 | 24.000.000 | 4.333.629 | 19.666.371 | 60.000 | Un./ha |
| Lechuga Calama | Gran Rapids | Medio | 1 | 24.000.000 | 4.649.639 | 19.350.361 | 24.000.000 | 4.333.629 | 19.666.371 | 60.000 | Un./ha |
| Maíz Choclo ChiuChiu Lasana | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | 1 | 3.080.000 | 1.824.324 | 1.255.676 | 3.080.000 | 1.616.488 | 1.463.512 | 11.000 | Un./ha |
| Maíz Choclo Calama | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | 1 | 3.276.000 | 2.371.622 | 904.378 | 3.276.000 | 2.101.434 | 1.174.566 | 11.700 | Un./ha |
| Maíz Choclo Turi Paniri Ayquina | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | 1 | 3.080.000 | 1.824.324 | 1.255.676 | 3.080.000 | 1.616.488 | 1.463.512 | 11.000 | Un./ha |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | Alta Sierra | Bajo | 1 | 2.517.483 | 3.256.295 | -738.812 | 2.517.483 | 3.138.482 | -620.999 | 315 | Fardos/ha |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | Alta Sierra | Bajo | 2 | 3.600.000 | 1.288.837 | 2.311.163 | 3.600.000 | 1.193.486 | 2.406.514 | 450 | Fardos/ha |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Bajo | 1 | 2.690.909 | 3.950.683 | -1.259.774 | 2.690.909 | 3.802.579 | -1.111.670 | 336 | Fardos/ha |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Bajo | 2 | 3.848.000 | 1.457.088 | 2.390.912 | 3.848.000 | 1.331.603 | 2.516.397 | 481 | Fardos/ha |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | Alta Sierra | Bajo | 1 | 2.517.483 | 3.256.295 | -738.812 | 2.517.483 | 3.138.482 | -620.999 | 315 | Fardos/ha |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | Alta Sierra | Bajo | 2 | 3.600.000 | 1.288.837 | 2.311.163 | 3.600.000 | 1.193.486 | 2.406.514 | 450 | Fardos/ha |
| Haba Turi Paniri Ayquina | Corriente | Bajo | 1 | 5.100.000 | 2.045.508 | 3.054.492 | 5.100.000 | 1.679.851 | 3.420.149 | 170 | Saco 40 kg/ha |
| Ganadería Crianza Turi Paniri Ayquina | Ovinos | Bajo | 1 | 3.906.250 | 3.224.529 | 681.721 | 3.906.250 | 3.075.142 | 831.108 | 50 | Un./ha |

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas técnico-económicas de cultivos

**CUADRO 12.1.5.2-7**
**INGRESO, COSTO DIRECTO Y MARGEN BRUTO POR HECTÁREA SITUACIÓN CON PROYECTO**
**ESCENARIO E8S2+QECO DE MEJORAMIENTO DE SUMINISTRO Y CALIDAD DE AGUA**
**(PRECIOS DICIEMBRE DE 2016)**

| Cultivo | Variedad | Nivel | Año | Precios de mercado ($) | | | Precios sociales ($) | | | Rendimiento | Unidad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Ingreso | Costo | Margen Bruto | Ingreso | Costo | Margen Bruto | | |
| Zanahoria ChiuChiu Lasana | Corriente | Medio | 1 | 8.500.000 | 3.855.262 | 4.644.738 | 8.500.000 | 3.190.229 | 5.309.771 | 500 | Saco 40 kg/ha |
| Zanahoria Calama | Corriente | Bajo | 1 | 6.800.000 | 3.084.210 | 3.715.790 | 6.800.000 | 2.552.183 | 4.247.817 | 400 | Saco 40 kg/ha |
| Acelga ChiuChiu Lasana | Bressane | Medio | 1 | 7.140.000 | 4.366.279 | 2.773.721 | 7.140.000 | 3.644.939 | 3.495.061 | 15.000 | Atado/ha |
| Acelga Calama | Bressane | Bajo | 1 | 5.712.000 | 3.493.023 | 2.218.977 | 5.712.000 | 2.915.951 | 2.796.049 | 12.000 | Atado/ha |
| Betarraga ChiuChiu Lasana | Corriente | Medio | 1 | 6.800.000 | 3.855.262 | 2.944.738 | 6.800.000 | 3.190.229 | 3.609.771 | 17.000 | Atado/ha |
| Betarraga Calama | Corriente | Bajo | 1 | 5.440.000 | 3.084.210 | 2.355.790 | 5.440.000 | 2.552.183 | 2.887.817 | 13.600 | Atado/ha |
| Lechuga ChiuChiu Lasana | Gran Rapids | Alto | 1 | 24.000.000 | 4.649.639 | 19.350.361 | 24.000.000 | 4.333.629 | 19.666.371 | 60.000 | Un./ha |
| Lechuga Calama | Gran Rapids | Medio | 1 | 19.200.000 | 3.719.711 | 15.480.289 | 19.200.000 | 3.466.903 | 15.733.097 | 48.000 | Un./ha |
| Maíz Choclo ChiuChiu Lasana | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | 1 | 3.080.000 | 1.824.324 | 1.255.676 | 3.080.000 | 1.616.488 | 1.463.512 | 11.000 | Un./ha |
| Maíz Choclo Calama | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | 1 | 3.276.000 | 2.371.622 | 904.378 | 3.276.000 | 2.101.434 | 1.174.566 | 11.700 | Un./ha |
| Maíz Choclo Turi Paniri Ayquina | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | 1 | 3.080.000 | 1.824.324 | 1.255.676 | 3.080.000 | 1.616.488 | 1.463.512 | 11.000 | Un./ha |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | Alta Sierra | Bajo | 1 | 2.517.483 | 3.256.295 | -738.812 | 2.517.483 | 3.138.482 | -620.999 | 315 | Fardos/ha |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | Alta Sierra | Bajo | 2 | 3.600.000 | 1.288.837 | 2.311.163 | 3.600.000 | 1.193.486 | 2.406.514 | 450 | Fardos/ha |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Bajo | 1 | 2.690.909 | 3.950.683 | -1.259.774 | 2.690.909 | 3.802.579 | -1.111.670 | 336 | Fardos/ha |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Bajo | 2 | 3.848.000 | 1.457.088 | 2.390.912 | 3.848.000 | 1.331.603 | 2.516.397 | 481 | Fardos/ha |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | Alta Sierra | Bajo | 1 | 2.517.483 | 3.256.295 | -738.812 | 2.517.483 | 3.138.482 | -620.999 | 315 | Fardos/ha |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | Alta Sierra | Bajo | 2 | 3.600.000 | 1.288.837 | 2.311.163 | 3.600.000 | 1.193.486 | 2.406.514 | 450 | Fardos/ha |
| Haba Turi Paniri Ayquina | Corriente | Bajo | 1 | 5.100.000 | 2.045.508 | 3.054.492 | 5.100.000 | 1.679.851 | 3.420.149 | 170 | Saco 40 kg/ha |
| Ganadería Crianza Turi Paniri Ayquina | Ovinos | Bajo | 1 | 3.906.250 | 3.224.529 | 681.721 | 3.906.250 | 3.075.142 | 831.108 | 50 | Un./ha |

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas técnico-económicas de cultivos

**CUADRO 12.1.5.2-8**
**COMPARACIÓN MARGEN BRUTO POR HECTÁREA DE RUBROS PRODUCTIVOS**
**ESCENARIO 1 DE MEJORAMIENTO DE CONDUCCIÓN DE AGUA**
**(PRECIOS DICIEMBRE DE 2016)**

| Cultivo | Año | Nivel Tecnológico | | Precios de Mercado ($) | | | Precios Sociales ($) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | SA | SCP | SA | SCP | Var. Con SA | SA | SCP | Var. Con SA |
| Zanahoria ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Bajo | 4.644.738 | 4.644.738 | 0,0% | 5.309.771 | 5.309.771 | 0,0% |
| Acelga ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Bajo | 2.773.721 | 2.773.721 | 0,0% | 3.495.061 | 3.495.061 | 0,0% |
| Betarraga ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Bajo | 2.944.738 | 2.944.738 | 0,0% | 3.609.771 | 3.609.771 | 0,0% |
| Lechuga ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Medio | 19.350.361 | 19.350.361 | 0,0% | 19.666.371 | 19.666.371 | 0,0% |
| Maíz Choclo ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Bajo | 1.255.676 | 1.255.676 | 0,0% | 1.463.512 | 1.463.512 | 0,0% |
| Maíz Choclo Calama | 1 | Bajo | Medio | 695.676 | 695.676 | 0,0% | 903.512 | 903.512 | 0,0% |
| Maíz Choclo Turi Paniri Ayquina | 1 | Bajo | Bajo | 1.255.676 | 1.255.676 | 0,0% | 1.463.512 | 1.463.512 | 0,0% |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Bajo | -738.812 | -738.812 | 0,0% | -620.999 | -620.999 | 0,0% |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | 2 | Bajo | Bajo | 2.311.163 | 2.311.163 | 0,0% | 2.406.514 | 2.406.514 | 0,0% |
| Alfalfa Calama | 1 | Bajo | Medio | -1.068.882 | -1.068.882 | 0,0% | -950.247 | -950.247 | 0,0% |
| Alfalfa Calama | 2 | Bajo | Medio | 1.839.163 | 1.839.163 | 0,0% | 1.935.690 | 1.935.690 | 0,0% |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | 1 | Bajo | Bajo | -738.812 | -738.812 | 0,0% | -620.999 | -620.999 | 0,0% |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | 2 | Bajo | Bajo | 2.311.163 | 2.311.163 | 0,0% | 2.406.514 | 2.406.514 | 0,0% |
| Haba Turi Paniri Ayquina | 1 | Bajo | Bajo | 3.054.492 | 3.054.492 | 0,0% | 3.420.149 | 3.420.149 | 0,0% |
| Ganadería Crianza Turi Paniri Ayquina | 1 | Bajo | Bajo | 681.721 | 681.721 | 0,0% | 831.108 | 831.108 | 0,0% |

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas técnico-económicas de cultivos

**CUADRO 12.1.5.2-9**
**COMPARACIÓN MARGEN BRUTO POR HECTÁREA DE RUBROS PRODUCTIVOS**
**ESCENARIOS 2-3-4-9DE MEJORAMIENTO DE SUMINISTRO DE AGUA**
**(PRECIOS DICIEMBRE DE 2016)**

| Cultivo | Año | Nivel Tecnológico | | Precios de Mercado ($) | | | Precios Sociales ($) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | SA | SCP | SA | SCP | Var. Con SA | SA | SCP | Var. Con SA |
| Zanahoria ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Bajo | 4.644.738 | 4.644.738 | 0,0% | 5.309.771 | 5.309.771 | 0,0% |
| Acelga ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Bajo | 2.773.721 | 2.773.721 | 0,0% | 3.495.061 | 3.495.061 | 0,0% |
| Betarraga ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Bajo | 2.944.738 | 2.944.738 | 0,0% | 3.609.771 | 3.609.771 | 0,0% |
| Lechuga ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Medio | 19.350.361 | 19.350.361 | 0,0% | 19.666.371 | 19.666.371 | 0,0% |
| Maíz Choclo ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Bajo | 1.255.676 | 1.255.676 | 0,0% | 1.463.512 | 1.463.512 | 0,0% |
| Maíz Choclo Calama | 1 | Bajo | Bajo | 695.676 | 834.811 | 20,0% | 903.512 | 1.084.215 | 20,0% |
| Maíz Choclo Turi Paniri Ayquina | 1 | Bajo | Bajo | 1.255.676 | 1.255.676 | 0,0% | 1.463.512 | 1.463.512 | 0,0% |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Bajo | -738.812 | -738.812 | 0,0% | -620.999 | -620.999 | 0,0% |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | 2 | Bajo | Bajo | 2.311.163 | 2.311.163 | 0,0% | 2.406.514 | 2.406.514 | 0,0% |
| Alfalfa Calama | 1 | Bajo | Bajo | -1.068.882 | -1.152.886 | -7,9% | -950.247 | -1.016.645 | -7,0% |
| Alfalfa Calama | 2 | Bajo | Bajo | 1.839.163 | 2.206.995 | 20,0% | 1.935.690 | 2.322.828 | 20,0% |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | 1 | Bajo | Bajo | -738.812 | -738.812 | 0,0% | -620.999 | -620.999 | 0,0% |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | 2 | Bajo | Bajo | 2.311.163 | 2.311.163 | 0,0% | 2.406.514 | 2.406.514 | 0,0% |
| Haba Turi Paniri Ayquina | 1 | Bajo | Bajo | 3.054.492 | 3.054.492 | 0,0% | 3.420.149 | 3.420.149 | 0,0% |
| Ganadería Crianza Turi Paniri Ayquina | 1 | Bajo | Bajo | 681.721 | 681.721 | 0,0% | 831.108 | 831.108 | 0,0% |

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas técnico-económicas de cultivos

**CUADRO 12.1.5.2-10**
**COMPARACIÓN MARGEN BRUTO POR HECTÁREA DE RUBROS PRODUCTIVOS**
**ESCENARIO5DE MEJORAMIENTO DE REGULACIÓN DE SUMINISTRO DE AGUA**
**(PRECIOS DICIEMBRE DE 2016)**

| Cultivo | Año | Nivel Tecnológico | | Precios de Mercado ($) | | | Precios Sociales ($) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | SA | SCP | SA | SCP | Var. Con SA | SA | SCP | Var. Con SA |
| Zanahoria ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Bajo | 4.644.738 | 5.573.685 | 20,0% | 5.309.771 | 6.371.725 | 20,0% |
| Acelga ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Bajo | 2.773.721 | 3.328.465 | 20,0% | 3.495.061 | 4.194.073 | 20,0% |
| Betarraga ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Bajo | 2.944.738 | 3.533.685 | 20,0% | 3.609.771 | 4.331.725 | 20,0% |
| Lechuga ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Medio | 19.350.361 | 23.220.434 | 20,0% | 19.666.371 | 23.599.645 | 20,0% |
| Maíz Choclo ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Bajo | 1.255.676 | 1.506.811 | 20,0% | 1.463.512 | 1.756.215 | 20,0% |
| Maíz Choclo Calama | 1 | Bajo | Bajo | 695.676 | 834.811 | 20,0% | 903.512 | 1.084.215 | 20,0% |
| Maíz Choclo Turi Paniri Ayquina | 1 | Bajo | Bajo | 1.255.676 | 1.255.676 | 0,0% | 1.463.512 | 1.463.512 | 0,0% |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Bajo | -738.812 | -756.802 | -2,4% | -620.999 | -621.548 | -0,1% |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | 2 | Bajo | Bajo | 2.311.163 | 2.773.395 | 20,0% | 2.406.514 | 2.887.817 | 20,0% |
| Alfalfa Calama | 1 | Bajo | Bajo | -1.068.882 | -1.152.886 | -7,9% | -950.247 | -1.016.645 | -7,0% |
| Alfalfa Calama | 2 | Bajo | Bajo | 1.839.163 | 2.206.995 | 20,0% | 1.935.690 | 2.322.828 | 20,0% |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | 1 | Bajo | Bajo | -738.812 | -738.812 | 0,0% | -620.999 | -620.999 | 0,0% |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | 2 | Bajo | Bajo | 2.311.163 | 2.311.163 | 0,0% | 2.406.514 | 2.406.514 | 0,0% |
| Haba Turi Paniri Ayquina | 1 | Bajo | Bajo | 3.054.492 | 3.054.492 | 0,0% | 3.420.149 | 3.420.149 | 0,0% |
| Ganadería Crianza Turi Paniri Ayquina | 1 | Bajo | Bajo | 681.721 | 681.721 | 0,0% | 831.108 | 831.108 | 0,0% |

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas técnico-económicas de cultivos

**CUADRO 12.1.5.2-11**
**COMPARACIÓN MARGEN BRUTO POR HECTÁREA DE RUBROS PRODUCTIVOS**
**ESCENARIO6DE REGULACIÓN DE SUMINISTRO Y CALIDAD DE AGUA**
**(PRECIOS DICIEMBRE DE 2016)**

| Cultivo | Año | Nivel Tecnológico | | Precios de Mercado ($) | | | Precios Sociales ($) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | SA | SCP | SA | SCP | Var. Con SA | SA | SCP | Var. Con SA |
| Zanahoria ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Bajo | 4.644.738 | 4.644.738 | 0,0% | 5.309.771 | 5.309.771 | 0,0% |
| Acelga ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Bajo | 2.773.721 | 2.773.721 | 0,0% | 3.495.061 | 3.495.061 | 0,0% |
| Betarraga ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Bajo | 2.944.738 | 2.944.738 | 0,0% | 3.609.771 | 3.609.771 | 0,0% |
| Lechuga ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Medio | 19.350.361 | 19.350.361 | 0,0% | 19.666.371 | 19.666.371 | 0,0% |
| Maíz Choclo ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Bajo | 1.255.676 | 1.255.676 | 0,0% | 1.463.512 | 1.463.512 | 0,0% |
| Maíz Choclo Calama | 1 | Bajo | Bajo | 695.676 | 904.378 | 30,0% | 903.512 | 1.174.566 | 30,0% |
| Maíz Choclo Turi Paniri Ayquina | 1 | Bajo | Bajo | 1.255.676 | 1.255.676 | 0,0% | 1.463.512 | 1.463.512 | 0,0% |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Bajo | -738.812 | -738.812 | 0,0% | -620.999 | -620.999 | 0,0% |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | 2 | Bajo | Bajo | 2.311.163 | 2.311.163 | 0,0% | 2.406.514 | 2.406.514 | 0,0% |
| Alfalfa Calama | 1 | Bajo | Bajo | -1.068.882 | -1.259.774 | -17,9% | -950.247 | -1.111.670 | -17,0% |
| Alfalfa Calama | 2 | Bajo | Bajo | 1.839.163 | 2.390.912 | 30,0% | 1.935.690 | 2.516.397 | 30,0% |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | 1 | Bajo | Bajo | -738.812 | -738.812 | 0,0% | -620.999 | -620.999 | 0,0% |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | 2 | Bajo | Bajo | 2.311.163 | 2.311.163 | 0,0% | 2.406.514 | 2.406.514 | 0,0% |
| Haba Turi Paniri Ayquina | 1 | Bajo | Bajo | 3.054.492 | 3.054.492 | 0,0% | 3.420.149 | 3.420.149 | 0,0% |
| Ganadería Crianza Turi Paniri Ayquina | 1 | Bajo | Bajo | 681.721 | 681.721 | 0,0% | 831.108 | 831.108 | 0,0% |

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas técnico-económicas de cultivos

**CUADRO 12.1.5.2-12**
**COMPARACIÓN MARGEN BRUTO POR HECTÁREA DE RUBROS PRODUCTIVOS**
**ESCENARIO 7 DE REGULACIÓN DE SUMINISTRO Y CALIDAD DE AGUA**
**(PRECIOS DICIEMBRE DE 2016)**

| Cultivo | Año | Nivel Tecnológico | | Precios de Mercado ($) | | | Precios Sociales ($) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | SA | SCP | SA | SCP | Var. Con SA | SA | SCP | Var. Con SA |
| Zanahoria ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Medio | 4.644.738 | 4.644.738 | 0,0% | 5.309.771 | 5.309.771 | 0,0% |
| Zanahoria Calama | 1 | Bajo | Bajo | 0 | 4.644.738 | - | 0 | 5.309.771 | - |
| Acelga ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Medio | 2.773.721 | 2.773.721 | 0,0% | 3.495.061 | 3.495.061 | 0,0% |
| Acelga Calama | 1 | Bajo | Bajo | 0 | 2.773.721 | - | 0 | 3.495.061 | - |
| Betarraga ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Medio | 2.944.738 | 2.944.738 | 0,0% | 3.609.771 | 3.609.771 | 0,0% |
| Betarraga Calama | 1 | Bajo | Bajo | 0 | 2.944.738 | - | 0 | 3.609.771 | - |
| Lechuga ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Alto | 19.350.361 | 19.350.361 | 0,0% | 19.666.371 | 19.666.371 | 0,0% |
| Lechuga Calama | 1 | Bajo | Medio | 0 | 19.350.361 | - | 0 | 19.666.371 | - |
| Maíz Choclo ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Bajo | 1.255.676 | 1.255.676 | 0,0% | 1.463.512 | 1.463.512 | 0,0% |
| Maíz Choclo Calama | 1 | Bajo | Bajo | 695.676 | 904.378 | 30,0% | 903.512 | 1.174.566 | 30,0% |
| Maíz Choclo Turi Paniri Ayquina | 1 | Bajo | Bajo | 1.255.676 | 1.255.676 | 0,0% | 1.463.512 | 1.463.512 | 0,0% |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Bajo | -738.812 | -738.812 | 0,0% | -620.999 | -620.999 | 0,0% |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | 2 | Bajo | Bajo | 2.311.163 | 2.311.163 | 0,0% | 2.406.514 | 2.406.514 | 0,0% |
| Alfalfa Calama | 1 | Bajo | Bajo | -1.068.882 | -1.259.774 | 17,9% | -950.247 | -1.111.670 | -17,0% |
| Alfalfa Calama | 2 | Bajo | Bajo | 1.839.163 | 2.390.912 | 30,0% | 1.935.690 | 2.516.397 | 30,0% |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | 1 | Bajo | Bajo | -738.812 | -738.812 | 0,0% | -620.999 | -620.999 | 0,0% |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | 2 | Bajo | Bajo | 2.311.163 | 2.311.163 | 0,0% | 2.406.514 | 2.406.514 | 0,0% |
| Haba Turi Paniri Ayquina | 1 | Bajo | Bajo | 3.054.492 | 3.054.492 | 0,0% | 3.420.149 | 3.420.149 | 0,0% |
| Ganadería Crianza Turi Paniri Ayquina | 1 | Bajo | Bajo | 681.721 | 681.721 | 0,0% | 831.108 | 831.108 | 0,0% |

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas técnico-económicas de cultivos

**CUADRO 12.1.5.2-13**
**COMPARACIÓN MARGEN BRUTO POR HECTÁREA DE RUBROS PRODUCTIVOS**
**ESCENARIO E8S1+QECO Y 9S3 DE MEJORAMIENTO DE REGULACIÓN DE SUMINISTRO Y CALIDAD DE AGUA**
**(PRECIOS DICIEMBRE DE 2016)**

| Cultivo | Año | Nivel Tecnológico | | Precios de Mercado ($) | | | Precios Sociales ($) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | SA | SCP | SA | SCP | Var. Con SA | SA | SCP | Var. Con SA |
| Zanahoria ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Medio | 4.644.738 | 4.644.738 | 0,0% | 5.309.771 | 5.309.771 | 0,0% |
| Zanahoria Calama | 1 | Bajo | Bajo | 0 | 4.644.738 | - | 0 | 5.309.771 | - |
| Acelga ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Medio | 2.773.721 | 2.773.721 | 0,0% | 3.495.061 | 3.495.061 | 0,0% |
| Acelga Calama | 1 | Bajo | Bajo | 0 | 2.773.721 | - | 0 | 3.495.061 | - |
| Betarraga ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Medio | 2.944.738 | 2.944.738 | 0,0% | 3.609.771 | 3.609.771 | 0,0% |
| Betarraga Calama | 1 | Bajo | Bajo | 0 | 2.944.738 | - | 0 | 3.609.771 | - |
| Lechuga ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Alto | 19.350.361 | 19.350.361 | 0,0% | 19.666.371 | 19.666.371 | 0,0% |
| Lechuga Calama | 1 | Bajo | Medio | 0 | 19.350.361 | - | 0 | 19.666.371 | - |
| Maíz Choclo ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Bajo | 1.255.676 | 1.255.676 | 0,0% | 1.463.512 | 1.463.512 | 0,0% |
| Maíz Choclo Calama | 1 | Bajo | Bajo | 695.676 | 904.378 | 30,0% | 903.512 | 1.174.566 | 30,0% |
| Maíz Choclo Turi Paniri Ayquina | 1 | Bajo | Bajo | 1.255.676 | 1.255.676 | 0,0% | 1.463.512 | 1.463.512 | 0,0% |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Bajo | -738.812 | -738.812 | 0,0% | -620.999 | -620.999 | 0,0% |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | 2 | Bajo | Bajo | 2.311.163 | 2.311.163 | 0,0% | 2.406.514 | 2.406.514 | 0,0% |
| Alfalfa Calama | 1 | Bajo | Bajo | -1.068.882 | -1.259.774 | 17,9% | -950.247 | -1.111.670 | -17,0% |
| Alfalfa Calama | 2 | Bajo | Bajo | 1.839.163 | 2.390.912 | 30,0% | 1.935.690 | 2.516.397 | 30,0% |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | 1 | Bajo | Bajo | -738.812 | -738.812 | 0,0% | -620.999 | -620.999 | 0,0% |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | 2 | Bajo | Bajo | 2.311.163 | 2.311.163 | 0,0% | 2.406.514 | 2.406.514 | 0,0% |
| Haba Turi Paniri Ayquina | 1 | Bajo | Bajo | 3.054.492 | 3.054.492 | 0,0% | 3.420.149 | 3.420.149 | 0,0% |
| Ganadería Crianza Turi Paniri Ayquina | 1 | Bajo | Bajo | 681.721 | 681.721 | 0,0% | 831.108 | 831.108 | 0,0% |

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas técnico-económicas de cultivos

**CUADRO 12.1.5.2-14**
**COMPARACIÓN MARGEN BRUTO POR HECTÁREA DE RUBROS PRODUCTIVOS**
**ESCENARIO E8S2+QECO DE MEJORAMIENTO DE SUMINISTRO Y CALIDAD DE AGUA**
**(PRECIOS DICIEMBRE DE 2016)**

| Cultivo | Año | Nivel Tecnológico | | Precios de Mercado ($) | | | Precios Sociales ($) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | SA | SCP | SA | SCP | Var. Con SA | SA | SCP | Var. Con SA |
| Zanahoria ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Medio | 4.644.738 | 4.644.738 | 0,0% | 5.309.771 | 5.309.771 | 0,0% |
| Zanahoria Calama | 1 | Bajo | Bajo | 0 | 3.715.790 | - | 0 | 4.247.817 | - |
| Acelga ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Medio | 2.773.721 | 2.773.721 | 0,0% | 3.495.061 | 3.495.061 | 0,0% |
| Acelga Calama | 1 | Bajo | Bajo | 0 | 2.218.977 | - | 0 | 2.796.049 | - |
| Betarraga ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Medio | 2.944.738 | 2.944.738 | 0,0% | 3.609.771 | 3.609.771 | 0,0% |
| Betarraga Calama | 1 | Bajo | Bajo | 0 | 2.355.790 | - | 0 | 2.887.817 | - |
| Lechuga ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Alto | 19.350.361 | 19.350.361 | 0,0% | 19.666.371 | 19.666.371 | 0,0% |
| Lechuga Calama | 1 | Bajo | Medio | 0 | 15.480.289 | - | 0 | 15.733.097 | - |
| Maíz Choclo ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Bajo | 1.255.676 | 1.255.676 | 0,0% | 1.463.512 | 1.463.512 | 0,0% |
| Maíz Choclo Calama | 1 | Bajo | Bajo | 695.676 | 904.378 | 30,0% | 903.512 | 1.174.566 | 30,0% |
| Maíz Choclo Turi Paniri Ayquina | 1 | Bajo | Bajo | 1.255.676 | 1.255.676 | 0,0% | 1.463.512 | 1.463.512 | 0,0% |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | 1 | Bajo | Bajo | -738.812 | -738.812 | 0,0% | -620.999 | -620.999 | 0,0% |
| Alfalfa ChiuChiu Lasana | 2 | Bajo | Bajo | 2.311.163 | 2.311.163 | 0,0% | 2.406.514 | 2.406.514 | 0,0% |
| Alfalfa Calama | 1 | Bajo | Bajo | -1.068.882 | -1.259.774 | 17,9% | -950.247 | -1.111.670 | -17,0% |
| Alfalfa Calama | 2 | Bajo | Bajo | 1.839.163 | 2.390.912 | 30,0% | 1.935.690 | 2.516.397 | 30,0% |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | 1 | Bajo | Bajo | -738.812 | -738.812 | 0,0% | -620.999 | -620.999 | 0,0% |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | 2 | Bajo | Bajo | 2.311.163 | 2.311.163 | 0,0% | 2.406.514 | 2.406.514 | 0,0% |
| Haba Turi Paniri Ayquina | 1 | Bajo | Bajo | 3.054.492 | 3.054.492 | 0,0% | 3.420.149 | 3.420.149 | 0,0% |
| Ganadería Crianza Turi Paniri Ayquina | 1 | Bajo | Bajo | 681.721 | 681.721 | 0,0% | 831.108 | 831.108 | 0,0% |

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas técnico-económicas de cultivos

12.1.5.3. Desarrollo del Riego

**a) Aspectos Generales**

**Métodos a Implementar:**El método de riego que se emplee, deberá ajustarse a las características morfológicas y fisiológicas de los cultivos desarrollados y a su vez, suplir sus requerimientos hídricos, lo cual determinará en gran parte, el éxito productivo del emprendimiento propuesto. La metodología de riego permitirá al cultivo optimizar su rendimiento, sin menoscabar las condiciones del suelo que los sustenta, ni del entorno en general. Por lo demás, los métodos de riego deben diseñarse para una determinada condición de operación, para lo cual corresponde considerar los siguientes factores:

- Factores de cultivo: Entre éstos se debe considerar la densidad de siembra o plantación, hábitos de crecimiento de la especie (o variedad dentro de la especie) y susceptibilidad a enfermedades.

- Factores relacionados con el agua de riego: Especialmente la disponibilidad en cantidad del recurso, su factibilidad de extracción y su calidad.

- Factores de suelo: Se debe considerar la pendiente del terreno a cultivar, su velocidad de infiltración y las características de textura, profundidad del suelo, presencia de estratas limitantes, pedregosidad, etc.

- Factores humanos: habilidades y competencia del personal, posibilidades de capacitación, en especial cuando se trata de métodos automatizados (diseño y manejo de contingencias propias de la manipulación del sistema de riego).

En este contexto, la elección de los métodos de riego a implementar depende, en gran medida, de las condiciones edafoclimáticas propias de la zona en la cual se desarrolla este proyecto, además de las variables relacionadas con los cultivos que se desarrollan o pretenden instaurar en los predios que componen el área de estudio. Las excepciones están dadas fundamentalmente por suelos de carácter no agrícola, en especial aquellos con Capacidad de Uso de clase VII y VIII. En estos, dada sus extremas limitaciones, se hace inviable la implementación de alguna metodología de riego localizado.

Dentro de la categoría de suelos de tipo agrícola,existen algunos que presentan mayores limitantes para el adecuado desarrollo del riego tradicional, entre los que se encuentran, suelos de clase VI o VII y que presentan características tales como: pendientes pronunciadas, que fluctúan entre un 2% y un 15%. La factibilidad de aplicar riego en ellos, vendrá acompañada de prácticas especiales de acondicionamiento y labores culturales que posibiliten su implementación. En este sentido, se recomienda desarrollar cultivos sobre camellones de tierra, idealmente

que se orienten de forma perpendicular a la inclinación del terreno. En aquellos casos en donde la pendiente es aún mayor, se deberá implementar un sistema de terrazas, siguiendo la curva de nivel topográfico, que impida el deterioro del suelo producto de la erosión.

Se destaca que, en las dos últimas décadas, la adopción de nuevas tecnologías de riego, de alta eficiencia y precisión, ha presentado un crecimiento significativo en Chile, lo cual se debe en gran medida, a la introducción de cultivos de alta rentabilidad y la intensificación de las explotaciones dentro del rubro agropecuario, producto a su vez, de la mayor demanda alimenticia mundial, la apertura de los mercados para la exportación y la necesidad de suministrar productos de alta calidad.

En consideración a lo señalado, para el presente Estudio se propone en suSituación Con Proyecto, el desarrollo de **sistemas de riego por cintas,** diseñados para suplir las necesidades de hortalizas, tanto fuera como dentro de invernadero.

Costos de Inversión y Operacionales: Se presentan los costos de inversión necesarios para la implementación de los sistemas de riego presurizado propuestos y sus correspondientes gastos de operación anual.

**b) Costos de inversión**

Los costos de inversión corresponden a aquellos en que se incurren para la adquisición de los bienes y servicios requeridos para la implementación del sistema de riego. Dentro de éstos se consideran las labores, materiales, equipos y servicios que se utilizan según la metodología de riego propuesta.

La implementación de un sistema de riego presurizado comprende el costo de implementos tales como: instrumentos de monitoreo, filtrado, fertirriego, matricería, válvulas y emisores. En este caso, el objetivo del proyecto es distribuir el agua con una presión tal que el sistema tecnificado predial se pueda conectar directamente a la red, por lo que no se considerará en este el costo de equipos de bombeo.

En el Cuadro 12.1.5.3-1 se presentan los costos de inversión para el sistema de riego por cintas.

**CUADRO 12.1.5.3-1**
**INVERSIÓN Y COSTOS DE RIEGO POR CINTAS PARA 15 HA**

| Inversiones | Unidad | Cantidad | Precio Unitario ($/Unidad) | Subtotal ($) |
|---|---|---|---|---|
| Cinta Toro Aquatraxx 5/8" 0,3 m (espesor 5.000; Rollo 3.962 m) | m | 300.000 | 50 | 15.000.000 |
| Polietileno - conexiones 16 mm 1,2 mm (liso; 400 m) | m | 430 | 152 | 65.360 |
| Fitting y accesorios cinta | un | 80 | 1.200 | 96.000 |
| Tubería PVC Clase 6 D = 75mm | Tira | 320 | 12.590 | 4.028.800 |
| Tubería PVC Clase 6 D = 90 mm | Tira | 45 | 19.500 | 877.500 |
| Instrumentos de monitoreo | un | 5 | 35.000 | 175.000 |
| Válvulas cabezal de riego | un | 5 | 17.473 | 87.365 |
| Fitting y accesorios cabezal | % | 15 | 6.800 | 102.000 |
| Unidad de fertilización + filtros | un | 1 | 650.000 | 650.000 |
| Válvulas de sectores + fitting (10%) | un | 10 | 150.000 | 1.500.000 |
| Obras Anexas | un | 1 | 700.000 | 700.000 |
| | | | | |
| Costo Total Directo | | | | 23.282.025 |
| | | | | |
| Diseño e instalación 12% inversión | | | | 2.793.843 |
| Gastos generales e imprevistos (15%) | | | | 3.492.304 |
| | | | | |
| **TOTAL DE INVERSIÓN PARA 15 ha** | | | | **29.568.172** |
| **TOTAL DE INVERSIÓN POR ha** | | | | **1.971.211** |

Fuente: Elaboración propia.

Estos costos se han obtenido de diversas fuentes bibliográficas publicadas por entidades tales como INIA, Universidad de Chile, Universidad de Talca, entre otras, además de la información propia de cada fabricante y empresas surtidoras de insumos de riego. Los valores han sido actualizados y corregidos a precios de diciembre de2016. No se consideran economías de escala que signifiquen una diferencia entre predios de distinto estrato en relación a estos costos.

### c) Costos anuales del riego

Los costos anuales de riego se han diferenciados en costos fijos y costos operacionales o variables:

Costos fijos

Los costos fijos del riego corresponden a aquellos producidos independientemente del tiempo de uso que tengan los equipos o la infraestructura de riego y del nivel de producción.

Los costos fijos consideran la depreciación de los equipos e infraestructura y el interés del capital fijo invertido o costo alternativo del dinero.

La depreciación es la pérdida de valor de un bien por uso u obsolescencia. Para su cálculo se ha utilizado el método de depreciación lineal, el cual se explica a partir de la base de que el bien se deprecia en igual valor cada año, hasta el término de su vida útil, considerando un valor residual igual a cero. La depreciación depende de la vida útil de cada una de las componentes que conforman la inversión del sistema.

El interés al capital fijo refleja el costo alternativo del capital invertido, ya que existen otras posibilidades donde pueda invertirse y obtener beneficios, en este análisis se ha considerado una tasa de interés del 10% anual.

Costos variables

Los costos variables son aquellos que se relacionan directamente con la operación de los sistemas de riego, éstos incluyen la mano de obra requerida, las reparaciones y la energía necesaria para su funcionamiento.

- Mano de obra: Corresponde al número de jornadas empleadas anualmente en la labor del riego. Este costo se ha considerado directamente en las fichas o estándares productivos y económicos.
- Energía eléctrica: Al no considerar equipos de bombeo, este ítem es igual a cero.
- Reparaciones: El costo de reparaciones considera un valor equivalente a un 5% del costo de inversión.

### d) Costos Totales de los Sistemas de Riego

Considerando los antecedentes mencionados precedentemente, se incluye el Cuadro 12.1.5.3-2, en el cual se presentan los costos de inversión, costos fijos y operaciones por hectárea para la utilización en el riego por cintas. Cabe destacar, que las cifras presentadas, se ajustan estrictamente a las características productivas de la zona de estudio y de la capacidad de expansión propuesta en la situación con proyecto.

**CUADRO 12.1.5.3-2**
**COSTOS POR HECTÁREA DE RIEGO TECNIFICADO**

| Tipo Sistema | Inversión ($) | Costo Anual ($) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Reparaciones | Energía | Total |
| Cinta | 1.971.211 | 98.561 | 0 | 98.561 |

Nota: Precios referidos a Diciembre de 2016
Fuente: Elaboración propia.

Esta medida, y sus respectivos costos, se aplicó en los **Escenarios 7 y 8**, los cuales registraron un cambio en la estructura de cultivos, implementando en algunos casos riego por cintas.En menor medida, el **Escenario 3** también considera estos costos, debido a la incorporación de nueva superficie de cultivos que en la actualidad ya poseen riego tecnificado.

12.1.5.4. Habilitación de Terrenos

La habilitación de terrenos en situación con proyecto está destinada, por una parte, para dar uso productivo a sitios que actualmente resultan potenciales para este fin, y por otra, para habilitar terrenos que actualmente se destinan para fines agrícolas, pero que requiere mejores condiciones para renovar o cambiar el cultivo actual.

Considerando el actual uso de suelo en el área de estudio, la habilitación de terrenos estará enfocada de la siguiente forma:

- Habilitación de sitios actualmente orientados a cultivos anuales bajo régimen de secano, por lo general sobre suelos de poca profundidad y porcentajes de predregosidad elevados, lo que se traduce en bajas productividades.

- Habilitación de sitios actualmente destinados al aprovechamiento de praderas naturales, en ocasiones mezcladas con especies forrajeras tales como ballica y trébol, también desarrollados bajo un régimen de secano y orientados al sustento alimenticio de la reducida masa ganadera criada en la zona.

- Habilitación de sitios sin uso productivo, representados por superficies potencialmente aptas para un uso agrícola dentro del predio, con suelos compactados, eventualmente con unalto grado de pedregosidad y presencia de arbustos, malezas y vegetación nativa menor.

A continuación, se detalla entre los Cuadros 12.1.5.4-1 al 12.1.5.4-3 los costos de habilitación de suelos para las tres situaciones.

## CUADRO 12.1.5.4-1
## COSTOS DE HABILITACIÓN DE TERRENOS
## CON PRESENCIA ACTUAL DE CULTIVOS ANUALES ($/HA)

| Labor | Unid. | Cantidad/ha | Precio/un ($) | Costo/ha ($) |
|---|---|---|---|---|
| **Rotura y descompactación (Subsolador)** | JM | 1,00 | 92.000 | 92.000 |
| **Volteo de suelo (Arado vertedera)** | JM | 0,50 | 92.000 | 46.000 |
| **Nivelación (Motoniveladora)** | JM | 0,30 | 172.000 | 51.600 |
| **COSTO TOTAL** | | | | **189.600** |

Nota: Precios referidos a Diciembre de 2016
Fuente: Elaboración propia.

## CUADRO 12.1.5.4-2
## COSTOS DE HABILITACIÓN DE TERRENOS
## CON PRESENCIA ACTUAL DE PRADERAS NATURALES Y MIXTAS ($/HA)

| Labor | Unid. | Cantidad/ha | Precio/un ($) | Costo/ha ($) |
|---|---|---|---|---|
| **Rotura y descompactación (Subsolador)** | JM | 1,00 | 92.000 | 92.000 |
| **Volteo de suelo (Arado vertedera)** | JM | 0,50 | 92.000 | 46.000 |
| **Limpia con Rastrillo (Arado cincel)** | JM | 0,30 | 92.000 | 27.600 |
| **Retiro de desechos (Mano de obra)** | JH | 5,00 | 18.000 | 90.000 |
| **Retiro de desechos (camión)** | JM | 0,50 | 92.000 | 46.000 |
| **Nivelación (Motoniveladora)** | JM | 0,30 | 92.000 | 27.600 |
| **COSTO TOTAL** | | | | **329.200** |

Nota: Precios referidos a Diciembre de 2016
Fuente: Elaboración propia.

## CUADRO 12.1.5.4-3
## COSTOS DE HABILITACIÓN DE TERRENOS
## ACTUALMENTE SIN USO CON POTENCIAL PRODUCTIVO ($/HA)

| Labor | Unid. | Cantidad/ha | Precio/un ($) | Costo/ha ($) |
|---|---|---|---|---|
| Corte, limpia y apilado | JH | 6,00 | 18.000 | 108.000 |
| Rotura y descompactación (Subsolador) | JM | 1,00 | 92.000 | 92.000 |
| Retiro de desechos (camión) | JM | 1,50 | 92.000 | 138.000 |
| Despedradura y Retiro de desechos (Mano de obra) | JH | 5,00 | 18.000 | 90.000 |
| Volteo de suelo (Arado vertedera) | JM | 0,50 | 92.000 | 46.000 |
| Limpia con Rastrillo (Arado cincel) | JM | 0,30 | 92.000 | 27.600 |
| Nivelación (Motoniveladora) | JM | 0,30 | 172.000 | 51.600 |
| **COSTO TOTAL** | | | | **553.200** |

Nota: Precios referidos a Diciembre de 2016
Fuente: Elaboración propia.

Debido a la diversidad de escenarios posibles de habilitación y la imposibilidad de determinar específicamente en forma precisa qué cambio se generó en cada caso, se ha decidido calcular un valor ponderado de habilitación, en relación a la superficie de cada sitio posible de habilitar dada la situación actual en el área de estudio (ver Cuadro 12.1.5.4-4)

**CUADRO 12.1.5.4-4**
**COSTOS DE HABILITACIÓN PONDERADO POR HECTÁREA**

| Tipo de Habilitación | Costo ($/ha) | Factor Ponderación | Costo Ponderado ($/ha) |
|---|---|---|---|
| Actualmente con Praderas Cultivadas | 329.200 | 0,37 | 121.998 |
| Actualmente con Cultivos Anuales | 189.600 | 0,43 | 81.807 |
| Actualmente sin Producción | 553.200 | 0,20 | 109.499 |
| **Costo Total Ponderado ($/ha)** | | | **313.304** |

Nota: Precios referidos a Diciembre de 2016
Fuente: Elaboración propia.

Al igual que para el caso de la implementación de sistemas de riego tecnificado, la habilitación de terrenos se lleva a cabo en los **Escenarios 3, 7 y 8**.

12.1.5.5. Inversión en Infraestructura de Invernaderos

Tal como se destacó en los Criterios de Desarrollo, para la Situación con Proyecto, específicamente en los**Escenarios 7 y 8** de mejoramiento de calidad de aguas, se considera la inclusión de cultivos protegidos, para lo cual se plantea la inversión en infraestructura de invernaderos.

En el Cuadro 12.1.5.5-1, se presentan los costos de inversión para una superficie de 1000 $m^2$ de invernaderos, los cuales se compondrán por una batería de cinco módulos de 200 $m^2$ cada uno.

En cuanto al mantenimiento de un invernadero tradicional, se debe considerar, que estas estructuras se compone principalmente de un soporte sólido, generalmente construido en base de madera, debido a su menor costo, aunque existen otros materiales tales como metal y PVC, que si bien, poseen un valor de adquisición mayor, poseen un rango de duración mayor y se adaptan a distintas zonas de emplazamiento, las cuales poseen características condicionantes tales como la intensidad de los vientos existentes, radiación solar, frecuencia e intensidad de precipitaciones (tanto de agua, nieve o granizos).

Por otro lado, se encuentra la cubierta o filme plástico, la cual se encargará de otorgar las características de ambiente protegido y controlado que otorga un invernadero. Esta cubierta es un material sintético, que se utiliza como cubierta para invernaderos y son el resultado de la mezcla adecuada de polímeros, principalmente polietileno de baja densidad y copolímero EVA y una serie de aditivos que les confieren sus propiedades (duración, termicidad, difusión de luz, entre otros.). En el mercado existen diversos tipos de cubiertas, las que poseen características especiales tales como, filtros ultravioletas con dobles o hasta triples capas plásticas (lo que aumenta su duración) aditivos antigoteo o anticondensación y antipolvo,

láminas térmicas e incluso selectivas de rangos de difusión lumínica y de ajuste de fotoperiodo (utilizadas principalmente en cultivos de flores de corte).

**CUADRO 12.1.5.5-1**
**INVERSIÓN Y COSTOS EN INFRAESTRUCTURA DE INVERNADEROS**

| Inversiones | Unidad | Cantidad | Valor Unitario S/IVA | Valor Unitario C/IVA | Subtotal ($) | Periodicidad de recambio de materiales |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Plástico 0,2 mm dimensionado Techos | $m^2$ | 447,2 | 504 | $ 600 | $ 268.213 | 2 años |
| Plástico 0,2 mm dimensionado Laterales | $m^2$ | 114,8 | 504 | $ 600 | $ 68.852 | 2 años |
| Plástico 0,2 mm dimensionado Cortinas | $m^2$ | 188,6 | 504 | $ 600 | $ 113.115 | 2 años |
| Polines Impregnados 3"x2,44 m | un | 13 | $ 2.092 | $ 2.489 | $ 32.363 | 6 años |
| Tapas de pino1X4"X4 | un | 32 | $ 714 | $ 850 | $ 27.189 | 6 años |
| Listón Pino impregnado 2x2"x3m | un | 30 | $ 1.288 | $ 1.533 | $ 45.982 | 6 años |
| Clavos de2 1/2" | kg | 5 | $ 1.000 | $ 1.190 | $ 5.950 | 6 años |
| Clavos de 4" | kg | 5 | $ 1.000 | $ 1.190 | $ 5.950 | 6 años |
| Clavos de 3" | kg | 5 | $ 1.000 | $ 1.190 | $ 5.950 | 6 años |
| Charlata 1/2x1"x4 MT | un | 150 | $ 110 | $ 131 | $ 19.635 | 6 años |
| Costo total directo | | | | | $ 593.199 | - |
| Diseño e instalación | | | | | $ 475.000 | - |
| Gastos generales e imprevistos (10%) | | | | | $ 106.820 | - |
| **Total de inversión por invernadero (200 $m^2$)** | | | | | **1.175.019** | - |
| **Total de inversión para 0,1 ha** | | | | | **5.875.093** | - |
| **Total de inversión para 1,0 ha** | | | | | **58.750.935** | - |

Fuente: Elaboración propia.

### 12.1.5.6. Tratamiento de Suelos

Tal como se presenta en el Capítulo 14, se desarrolla en profundidad la base teórica de un plan de manejo de suelos basado en diversos tratamientos que apuntan a mejorar o derechamente rehabilitar gran parte de los suelos de cultivo del área de estudio, así como eventualmente incorporar a la agricultura, suelos de áreas no agrícolas.

De esta forma, la habilitación de terrenos en Situación Con Proyecto está enfocada a mejorar el uso productivo a suelos que actualmente se destinan a cultivo, pero que requieren mejores condiciones para generar mayor productividad. En el área de proyecto, los suelos presentan en general, altos niveles de salinidad, asociados a concentraciones elevadas de boro,

sodio, cloruros y arsénico, producto de una condición natural en su génesis y por fuentes contaminantes asociadas al riego.

En el Capítulo 11, se argumenta que una condicionante básica para la implementación eficaz de tratamientos de rehabilitación de suelos, es que el agua de riego y de lavado presenta niveles de los mencionados parámetros dentro de la norma de riego. De esta forma, es posible recomendar la implementación de tratamientos en suelos de cultivo en aquellos escenarios modelados donde se aumente la seguridad de riego y a la vez la calidad del agua de riego permita dicha implementación, al menos en forma parcial, debido a las mejores condiciones para la inversión en estos tratamientos

Debido a lo anterior, se realizó una estimación de costos de habilitación, derivados de tratar la condición físico química de los suelos, con guano y sulfato de calcio para mejorar sus condiciones productivas.

Como primer factor se analiza el contenido de materia orgánica. El contenido basal promedio del suelo tipo analizado en Calama es de 2,4%, considerado como normal, siendo que el rango de M.O. deseable va entre 2 y 3,2% en suelos con riego intensivo. En el caso de ChiuChiu – Lasana, en cambio, el promedio de M.O. es de 1,5%, por lo que se propone un escalonamiento en el incremento de la materia orgánica en el tiempo, que permita alcanzar un mínimo de 2,5%. Para este fin, se propone aportar como guano compostado un 50% de lo requeridoal 20% de la superficie cultivada, con un aporte complementario de biomasa a partir del segundo hasta el quinto año, con un 12,5% de aporte por año del total requerido (Cuadro 12.1.5.6-1).

**CUADRO 12.1.5.6-1**
**INCORPORACIÓN DE GUANO COMPOSTADO Y COSTOS ASOCIADOS ($/ha)**

| Año | Dosis(kg/ha) | % Aplicación | Costo ($) |
|---|---|---|---|
| 1 | 3.760 | 50,0% | 180.480 |
| 2 | 940 | 12,5% | 45.120 |
| 3 | 940 | 12,5% | 45.120 |
| 4 | 940 | 12,5% | 45.120 |
| 5 | 940 | 12,5% | 45.120 |
| **Total** | **7.520** | **100%** | **360.960** |

Fuente: Elaboración propia
Precios a diciembre de 2016

Tanto la materia orgánica como la aplicación de calcio ayudan a secuestrar el boro presente en gran cantidad en el suelo, posteriormente es de fácil lavado con lixiviación. Se contempla entonces también la aplicación de enmiendas cálcicas con aportes sistemáticos de sulfato de calcio al 20% de la superficie cultivada, tal como se muestra en el Cuadro 12.1.5.6-2

para el caso de Calama y en el Cuadro 12.1.5.6-3, para ChiuChiu – Lasana, dependiendo del efecto del escenario en la calidad del agua.

**CUADRO 12.1.5.6-2**
**INCORPORACIÓN DE SULFATO DE CALCIO**
**Y COSTOS ASOCIADOS EN CALAMA**

| Año | Dosis (kg/ha) | % Aplicación | Costo ($/ha) |
|---|---|---|---|
| 1 | 4.200 | 20% | 496.605 |
| 2 | 4.200 | 20% | 496.605 |
| 3 | 4.200 | 20% | 496.605 |
| 4 | 4.200 | 20% | 496.605 |
| 5 | 4.200 | 20% | 496.605 |
| **Total** | **21.000** | **100%** | **2.483.024** |

Fuente: Elaboración propia
Precios a diciembre de 2016

**CUADRO 12.1.5.6-3**
**INCORPORACIÓN DE SULFATO DE CALCIO**
**Y COSTOS ASOCIADOS EN CHIU CHIU – LASANA**

| Año | Dosis (kg/ha) | % Aplicación | Costo ($/ha) |
|---|---|---|---|
| 1 | 1.680 | 20% | 198.642 |
| 2 | 1.680 | 20% | 198.642 |
| 3 | 1.680 | 20% | 198.642 |
| 4 | 1.680 | 20% | 198.642 |
| 5 | 1.680 | 20% | 198.642 |
| **Total** | **8.400** | **100%** | **993.210** |

Fuente: Elaboración propia
Precios a diciembre de 2016

Respecto de la salinidad de los suelos, la solución para su eliminación junto al boro y otros componentes tóxicos para los cultivos y su control parcial es la lixiviación con agua de riego, tratamiento requerido también a la hora de eliminar los productos sódicos de desecho generados con el encalado de suelos.

Esta actividad, y sus respectivos costos, se aplicó a los siguientes escenarios y sectores, basándose en la potencialidad de mejoramiento de los cultivos dados la nueva disponibilidad y calidad de aguas, según corresponda:

- **Escenario 1:** Sectores de ChiuChiu– Lasana y Ayquina-Turi-Paniri.

- **Escenarios 2-3-4-6-9:** No se aplica.
- **Escenario 5:** Sector de ChiuChiu - Lasana.
- **Escenarios 7 y 8:** Sector de Calama.

12.1.5.7. Gastos Indirectos Generales

Los gastos indirectos generales corresponden a los mismos considerados en la Situación Actual Agropecuaria, dado que ambas situaciones guardan diferencias menores en términos de manejo y costos prediales. No se justifican así cambios en infraestructura y su mantención, comunicaciones, transporte, contribuciones, etc.

12.1.5.8. Programa de Asistencia Técnica y Transferencia Tecnológica

***a) Aspectos Generales***

En términos generales, en el desarrollo de la actividad agrícola es posible reconocer diferentes sistemas y subsistemas, al interior de los cuales se llevan a cabo numerosas actividades.

La agricultura fue durante decenios el sector más tradicional y conservador de la economía nacional, en el sentido de las técnicas de explotación, administración, comercialización, etc. Sin embargo, en el último tiempo, producto de la globalización e internacionalización económica nacional, se producen nuevos requerimientos al sector agrícola, proceso que está siendo liderado por el sector frutícola y vitivinícola exportador.

Hoy en día existen numerosas áreas que están excluidas del proceso modernizador y requieren de apoyo estatal con el fin de enfrentar los nuevos desafíos con posibilidades reales de alcanzar niveles superiores de eficiencia. Estos sectores son, en su mayor parte, pequeños productores agrícolas localizados en áreas marginales que en muchos casos se encuentran en condiciones de extrema pobreza.

Entre los sistemas o actividades agrícolas, el riego es uno de los más trascendentes y, de su correcto funcionamiento, depende gran parte el resultado del proceso productivo agropecuario.

En este sentido, cabe señalar que el riego eficiente ofrece innumerables ventajas para el productor agrícola. Cuando se emplean métodos de riego de baja eficiencia, normalmente se utiliza el doble del agua que la que realmente consumen los cultivos. Por esto, cuando se emplean métodos de mayor eficiencia, es posible ampliar las áreas actualmente cultivadas o mejorar la seguridad de riego.

La tecnología permite un mayor control sobre el uso del agua de riego, lo que se traduce en aumentos de productividad y disminución de costos de operación, lo que trae consigo una inmediata mejoría en la competitividad y una mayor flexibilidad para responder a las variaciones de demanda y precio de los mercados.

En resumen, un riego eficiente trae consigo las siguientes ventajas:

- Disminución al máximo de los riesgos de producción, asegurando un rendimiento uniforme.
- Inclusión de una variedad de cultivos adaptables en la zona siendo posible una rotación de alternativas más ventajosas.
- Aumento en el volumen de producción debido al rendimiento uniforme y más alto.
- Incremento de la seguridad de riego.
- Disminución de costos de producción.
- Aumento de la competitividad y mayor flexibilidad ante el mercado.

Estas ventajas no se presentan solamente a partir de la incorporación del riego, más bien conjuntamente con la adopción tecnológica de métodos de riego de mayor eficiencia y una constante capacitacióny apoyo a los agricultores.

Hasta el momento el apoyo del Estado es importante sobre el sector agrícola y en el sistema de riego ha significado la operación directa de numerosos sistemas y el financiamiento de la construcción de numerosas obras con este objeto.

Considerando lo anteriormente expuesto, es importante para los usuarios de los sectores de influencia del proyecto que se adopten las mejores decisiones en torno a los cultivos a introducir en el nuevo sistema y a los métodos de riego por implementar. Esto asegurará a futuro un desarrollo sostenido de la agricultura.

De esta manera, en el presente proyecto se ha contemplado la ejecución de un programa de aplicación tecnológica en sistemas de riego y cultivos. Este programa será enfocado a través de la implementación de MODEMS o Parcelas Demostrativas y UVAL o Unidades de Validación por un periodo de cuatro a seis años, dependiendo del estrato de tamaño predial.

Se debe indicar que para que exista una real participación de los agricultores en el programa y se logren metas exitosas, es necesario establecer una estrecha relación con las organizaciones de usuarios presentes en el área de estudio.

Las organizaciones e instituciones existentes en el área de estudio, por su parte, deberán facilitar la ejecución del programa tanto en lo referente al proceso de selección de predios demostrativos como en el trabajo directo con los agricultores para la selección de proyectos, en la convocatoria a eventos de difusión y en cualquier otra acción que requiera coordinación con los usuarios.

Si bien en el área de estudio no se identificaron predios que se destaquen por un nivel técnico y empresarial alto en el rubro agrícola, no se descarta que esta situación se pueda presentar de forma aislada en el área de estudio. En este caso, el o los predios en cuestión se obviarían en la integración al programa de aplicación tecnológica que se plantea en este proyecto, atendiendo a que en este tipo de predios se alcanzan mayores rendimientos y eficiencia en los procesos de forma autónoma.

### *b) Implementación y Promoción*

Con el objeto de proporcionar apoyo directo y constante a los agricultores beneficiados por el presente programa, es necesario instalar una oficina en el área de estudio. Esta oficina debe ser equipada con toda la infraestructura necesaria para llevar a cabo en forma eficiente y expedita el programa de aplicación tecnológica.

El equipamiento de la oficina debe incluir como mínimo los siguientes elementos:

- Computadores con sus respectivas impresoras.
- Teléfono y Fax.
- Línea de Internet.
- Mobiliario adecuado (escritorios, sillas, estantes, mesa de reuniones, etc.).

El programa debe contar con la participación directa de Ingenieros Agrónomos y técnicos agrícolas o agricultores expertos en el uso de sistemas de riego, que puedan satisfacer los requerimientos de los agricultores de la zona.

El Ingeniero Agrónomo jefe del programa debe dirigir y coordinar la totalidad del programa, mientras que los técnicos cumplirán su función esencialmente en terreno, promoviendo y aplicando el programa directamente a los agricultores beneficiados. La participación de agricultores con experiencia en el uso de sistemas de riego, queda como

posibilidad abierta, frente a un apoyo conjunto o suplementario a la labor de los técnicos agrícolas, considerando que estos podrían tener mayor cercanía con los agricultores locales, quienes eventualmente recepcionarían de mejor forma las técnicas transmitidas.

Durante la implementación del programa se deben identificar los líderes. Esto consiste en reconocer en cada organización los líderes legales (Presidente, Tesorero, etc.) y aquellos naturales existentes en el área. Utilizando un catastro de las organizaciones comunitarias (de Riego, Juntas de Vecinos, etc.), se puede tomar contacto con los directivos y los líderes naturales a los cuales se les invitará a formar parte y promover el programa de aplicación tecnológica.

Posteriormente, se deben organizar reuniones de promoción con los líderes y aquellos primeros agricultores contactados por ellos. De esta manera, se da a conocer y se fomenta el interés por el programa por parte de las personas asistentes. Se espera que por medio de una o dos reuniones se pueda masificar el interés y participación a la totalidad de los beneficiarios.

Durante esta etapa se procede a efectuar contactos con instituciones existentes en la zona, sean ellas públicas o privadas, con el objeto de promover y traspasar los conocimientos que se adquieran en el transcurso del proyecto.

Durante el programa es indispensable contar con la asesoría de especialistas en temas tales como medio ambiente, agroeconomía, fertilidad de suelos, riego, manejo de plagas y gestión.

### *c) Descripción del Programa*

#### *c.1) Módulos Demostrativos de Riego y Unidades de Validación*

Se utilizan dos instrumentos de terreno para la validación de tecnologías, por una parte las unidades de validación o UVAL y por otra los módulos demostrativos o MODEMS.

Las Unidades de Validación o UVAL corresponden a parcelas en donde se establecen y demuestran tecnologías de riego aplicadas a sistemas productivos alternativos. Del trabajo efectuado en las UVAL se espera que se produzcanrespuestas tanto en el corto como en el mediano plazo.

Los MODEMS corresponden a unidades de trabajo ubicadas en las propiedades de los agricultores (beneficiarios del programa), donde se efectúan diversas actividades de validación y transferencia de tecnologías a los agricultores. Tienen por objeto promover a corto plazo y de forma directa las ventajas de la aplicación de nuevas tecnologías hacia los

productores directamente beneficiados con el programa, así como también indirectamente a los agricultores vecinos al área del proyecto.

Con el objeto de optimizar el negocio agrícola, tanto en las UVAL como en los MODEMS, descritos anteriormente, se debería efectuar un diagnóstico de los rubros en estudio tanto en los aspectos productivos como económicos.

Para el establecimiento de estas unidades se deben considerar los siguientes aspectos:

- La validación de los sistemas productivos y las tecnologías a implementar se deben realizar en forma local.
- Se debe promover la participación tanto de las organizaciones de regantes como de los propios agricultores en la validación de los proyectos seleccionados.
- Los proyectos de validación deben crear efectos institucionales integrados a las respectivas áreas.
- Se debe proporcionar una total cobertura a los agricultores durante el proceso, a través de asistencia técnica y capacitación.
- Durante la validación de los sistemas productivos y tecnológicosse debe dar énfasis a la gestión empresarial.
- Se deben apoyar y asesorar los procesos de comercialización.
- Los proyectos deben crear condiciones adecuadas, para que al término de la ejecución de los mismos se pueda perpetuar a través del sector privado y/o a través de organizaciones regionales del sector público.

Se propone la implementación de una Unidad de Validación (UVAL) en una parcela donde el personal que desarrolle el proyecto de transferencia, evalúe y ajuste tecnologías de riego para el área de estudio. La UVAL deberá contar con tres sectores de trabajo: pradera, hortalizas y frutales, en las cuales se evaluarán alternativas productivas nuevas o ya explotadas en el área, con tecnologías de riego asociadas a sistemas por aspersión, goteo y cintas. Los resultados que se vayan obteniendo en esta unidad de validación deberán ser irradiados a los diferentes módulos demostrativos (MODEMS), de modo de transferir la tecnología validada para el área de estudio hacia los agricultores beneficiarios del programa.

Antes de la elaboración del programa, se debe considerar y tomar como base en los diseños y del estudio en sí, el diagnóstico de la situación actual que enfrenta el área, de cuyo

análisis se podrán determinar las distintas tipologías de agricultores que la conforman. Estas tipologías pueden ser coincidentes con los predios promedio y niveles tecnológicos determinados para el presente estudio.

Una vez determinadas las tipologías de agricultores, en conjunto con las organizaciones de agricultores se procederán a elegir las ubicaciones de los Módulos demostrativos, de manera que sean representativos del universo y estén lo más accesible posible a todos los agricultores.

Considerando la zona en estudio, el suelo, clima y las actuales tendencias del mercado, se prevé la implementación de tres módulos o parcelas demostrativas, en las cuales se presenten las técnicas de manejo de los sistemas de riego, y los manejo agronómicos para cultivos representativos de la UVAL, asociados a pradera, frutales y hortalizas.

De modo de promover diferentes opciones en el manejo de los sistemas de riego propuestos, se deja como posibilidad abierta, utilizar una de estas parcelas demostrativas para la exposición de equipos de riego, ante lo cual, se debe tomar contacto con las diferentes empresas existentes en la zona para que se instalen y promuevan sus productos.

Las parcelas deben estar disponibles para ser visitadas por toda la comunidad, actividad que estará apoyada por el jefe del programa y los técnicos agrícolas. Con el objetivo de proporcionar una mayor utilidad a los módulos se organizarán días de campo cada dos meses en donde además de entregar capacitación y transferencia se debe dar un aire de camaradería con el propósito de que éstos sean más atractivos y amenos, para integrar de esta forma a los agricultores a participar en forma activa en el programa.

### *c.2) Actividades de Transferencia*

Conjuntamente con las actividades de validación tecnológica, se aplican diferentes metodologías para transferir el conocimiento de las UVAL y MODEMS, tanto a los técnicos y profesionales del programa, como a los agricultores líderes de éste.

En este contexto, las actividades de transferencia se han dividido en actividades de capacitación, extensión y difusión.

En las actividades de capacitación, se debe realizar al menos un curso anual de actualización en técnicas de riego para los profesionales a cargo de las transferencias tecnológicas.

En extensión, las actividades deben estar dirigidas a realizar días de campo generales y específicos, así como reuniones y giras técnicascon grupos de agricultores en temas específicos relacionadas con la propuesta tecnológica ofrecida.

En cuanto a las actividades de difusión, estas deben incluir la emisión de boletines informativos referidos a instruir en el manejo de cultivos y sistemas de riego, e informar en cuanto al avance del programa y su evolución en el tiempo, siendo distribuidos en los días de campo a la totalidad de los beneficiarios del programa. Complementariamente, se debe contemplar la realización de videos explicativos que transmitan de forma clara y sencilla el uso de los diferentes sistemas de riego implementados, las técnicas de manejo de los principales cultivos a desarrollar en la zona, y otras temáticas que tiendan a potenciar la productividad agrícola de los beneficiarios del programa.

### *c.3) Formación de Grupos de Interés*

La identificación de grupos de interés, compuestos por agricultores que desarrollan opciones productivas o sistemas productivos similares, se basa exclusivamente en la realidad actual que enfrentan en el área de estudio y en las inquietudes detectadas por parte de los agricultores.

Según lo anterior, se deben considerar una serie de medidas y recomendaciones, referentes a la investigación agropecuaria y transferencia tecnológica, factor clave para el adecuado cumplimiento y establecimiento perdurable en el tiempo de estos grupos de interés.

Entre éstos grupos, se podría contemplar la introducción nuevas especies frutales y hortalizas, mejoramiento en técnicas de riego, habilitación de suelos, entre otros. Dichas medidasdeben considerar el trabajo que se encuentran desarrollando en el área de estudio diversas instituciones del sector público, tales como INDAP, SAG, INIA, FOSIS, CORFO y otros, más algunas instituciones y empresas del sector privado, tales como cooperativas, ONGs, instituciones financieras, universidades, etc.

De acuerdo a las metas proyectadas en las distintas alternativas del estudio, se plantearán nuevas acciones que deberían desarrollar las instituciones antes mencionadas, para dar una cobertura adecuada a los requerimientos de las mismas.

Al respecto, es importante destacar que actualmente se ha puesto en marcha mecanismos de concursabilidad en el Fondo de Promoción de Exportaciones Agropecuarias, el cual es gestionado en conjunto con PROCHILE y el sector privado. Esta innovación operativa busca ampliar el uso de estos fondos hacia empresas de pequeño y mediano tamaño, especializadas en nuevos rubros y localizadas en regiones.

Durante el programa se debe considerarel trabajo en conjunto con aquellas instituciones que prestan apoyo a la actividad agropecuaria y que son necesarias para el logro de las metas del programa de desarrollo propuesto. El criterio técnico al respecto es que las medidas de implementación del programa agropecuario, que se genere con ocasión del programa, cuenten con apoyo técnico y crediticio adecuado.

Por otra parte, se encuentra disponible para los agricultores algunos instrumentos CORFO, tales como FAT y PROFOS y el programa de capturas tecnológicas desarrollado por el Ministerio de Agricultura a través del FIA.

Todas las medidas y herramientas de desarrollo antes mencionadas deben ser consideradas tomando en cuenta algunos conceptos fundamentales para lograr un resultado efectivo integralmente. Uno de los más importantes en relación al desarrollo de la pequeña agricultura principalmente, es el de asociatividad desde el punto de vista comercial y técnico, en la compra de insumos, tecnología y en la venta conjunta de la producción, obteniendo mejores resultados económicos manejando la escala productiva en relación a la de comercialización.

Es por lo anterior que la capacitación que reciba el agricultor, cual fuere la fuente, organismo estatal o privado de transferencia, debe considerar el concepto de asociatividad en los ya mencionados aspectos.

### *c.4) Creación de una Cartera de Proyectos*

Se deberían identificar los impactos que signifique la puesta en funcionamiento de diferentes proyectos, ya sean de mejoramiento de canales, construcción de nuevas obras de riego, tecnificación del riego, programas de transferencia técnica que se estén efectuando en la actualidad en la zona de estudio, etc.

De acuerdo a las potencialidades de la zona se definirá una cartera de proyectos para ser financiados por la Ley 18.450 o a través del Programa de INDAP, CORFO, etc.

### *d) Costos del Programa*

En la determinación de los costos del programa propuesto se han considerado los siguientes elementos:

- Personal: Se ha considerado un agrónomo y una secretaria.
- Unidades de Validación y Parcelas Demostrativas: Se considera que el valor de la mano de obra es absorbido directamente por el agricultor, debido a que este recibirá los beneficios de la producción. El programa financiará la tecnificación del riego, el uso de maquinaria y los insumos necesarios.

Para determinar los costos de las parcelas se han considerado los cultivos asociados a praderas, frutales y hortalizas más representativos del área de riego, según la asignación de cultivos en Situación Con Proyecto. La composición de las parcelas se indica a continuación:

a) Parcela 1(UVAL): 1 ha de zanahorias

b) Parcela 2 (MODEMS 1): 0,1 ha de hortalizas en invernadero.

En el Cuadro 12.1.5.5-1 se presenta una descripción de los aspectos involucrados en el programa de asistencia técnica y transferencia tecnológica y su costo unitario.

**CUADRO 12.1.5.5-1**
**COSTO UNITARIO ITEMES PROGRAMA DE ASISTENCIA TÉCNICA**
**Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA**
**SITUACIÓN CON PROYECTO**

| Ítem | | Costo Unitario($) | Descripción |
|---|---|---|---|
| Ingeniero Agrónomo | | 1.100.000 | 2 profesionales (*) |
| Secretaria | | 350.000 | 1 secretaria |
| Oficina | Arriendo Oficina | 150.000 | Arriendo 12 meses al año |
| | Gastos Oficina | 100.000 | Gastos 12 meses al año |
| | Computadores | 325.000 | 2 equipos para todo el programa |
| | Impresoras | 23.500 | 2 equipos para todo el programa |
| | Mobiliario | 1.250.000 | 1 juego completo para todo el programa |
| Material Divulgativo | Fotocopias | 55.500 | 1 vez al año |
| | Videos | 600.000 | 1 vez al año |
| | Presentaciones y Diaporamas | 138.500 | 1 vez al año |
| Visitas Tecnológicas Agricultores | | 550.000 | 2 veces al año |
| Charlas Especialistas | | 400.000 | 3 veces al año |
| Unidad de Validación y Modulo Demostrativo | Adquisición | 7.095.483 | Inversión 1 vez para todo el programa |
| | Mantención | 187.388 | Mantención 12 meses al año |
| Movilización | Vehículo | 9.950.000 | 2 camionetas para todo el programa (*) |
| | Mantención Vehículo | 89.500 | Mantención 12 meses al año |
| | Combustible | 170.000 | Combustible 12 meses al año |

(*) Número de profesionales y vehículos varía según los usuarios beneficiados.
Nota: Precios a Diciembre 2017
Fuente: Elaboración propia.

La duración del programa se he estimado en siete años, considerando el grado de estabilización de los márgenes económicos agrícolas, como un parámetro concreto de la internalización de las prácticas y recomendaciones entregadas.

El Cuadro 12.1.5.5-2 muestra un resumen de los costos anual del programa de asistencia técnica aplicado para ambos Escenarios.

**CUADRO 12.1.5.5-2**
**COSTO ANUAL PROGRAMA DE ASISTENCIA TÉCNICA**
**Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA**
**SITUACIÓN CON PROYECTO**

| ITEM | | Costo ($) | |
|---|---|---|---|
| | | Año 1 | Año 2 a 7 |
| Ingeniero Agrónomo (*) | | 39.600.000 | 39.600.000 |
| Secretaria | | 4.200.000 | 4.200.000 |
| Oficina | Arriendo Oficina | 2.400.000 | 2.400.000 |
| | Gastos Oficina | 1.800.000 | 1.800.000 |
| | Computadores | 700.000 | 0 |
| | Impresoras | 47.000 | 0 |
| | Mobiliario | 1.250.000 | 0 |
| Material Divulgativo | Fotocopias | 110.500 | 110.500 |
| | Videos | 600.000 | 600.000 |
| | Presentaciones y Diaporamas | 138.500 | 138.500 |
| Visitas Tecnológicas Agricultores | | 2.000.000 | 2.000.000 |
| Charlas Especialistas | | 1.400.000 | 1.400.000 |
| Unidad de Validación y Modulo Demostrativo | Adquisición | 7.095.483 | 0 |
| | Mantención | 2.248.657 | 2.248.657 |
| Movilización | Vehículo (*) | 21.900.000 | 0 |
| | Mantención Vehículo | 1.074.000 | 1.074.000 |
| | Combustible | 3.000.000 | 3.000.000 |
| Gastos Generales | | 8.956.414 | 5.857.166 |
| **Total** | | **98.520.554** | **64.428.823** |
| **Promedio por Agricultor** | | **98.521** | **64.429** |

(*) Número de profesionales y vehículos varía según los usuarios beneficiados.
Nota: Precios a Diciembre 2017
Fuente: Elaboración propia.

Los costos de esta actividad se aplicaron a los siguientes escenarios y sectores, basándose principalmente en la necesidad de adoptar los cambios productivos y de manejo de enmiendas, según corresponda:

- **Escenario 1:** Todos los sectores.
- **Escenarios 2,3,4, 6 y 8:** Sector de Calama.
- **Escenario 5, 7 y 8:** Sectores de Calama y ChiuChiu - Lasana.

### 12.1.6. Márgenes Agrícolas y Beneficios Netos

Para la obtención de los flujos agroeconómicos de cada escenario se utilizó el método del presupuesto, ampliamente descrito en distintos manuales del área y en diversos estudios relacionados con el riego. La última publicación oficial corresponde a la "Metodología Formulación y Evaluación de Proyectos de Riego", publicada por el Ministerio de Desarrollo Social el año 2016.

Los márgenes agrícolas netos se calcularon a partir de la ponderación de los márgenes brutos unitarios resultantes de las fichas técnico económicas de cultivo con respecto al área regada por cada Predio Promedio, descontando los gastos indirectos generales y la aplicación de los programa de asistencia técnica, inversiones en riego tecnicadom habilitación de terreno y enmiendas en elsuelo, itemes que varían en cada escenario. Es importante recordar que para la Situación Sin Proyecto y Con Proyecto el año cero (0) del horizonte de evaluación corresponde a la Situación Actual Agropecuaria.

Debido a que el concepto de seguridad de riego presenta dificultades metodológicas para ser utilizada en la evaluación agroeconómica, debido principalmente a lo restrictivo de los resultados (fallas o no fallas) se ha decidido afectar los rendimientos anuales de los cultivos según las restricciones que imponela satisfacción de la demanda

Para obtener la satisfacción de la demanda primero se obtiene el deficit mensual entre la oferta[3] y demanda[4](Oferta/Demnada) y luego se promedia el periodo de riego, obteniendo la satisfacción media anual de la demanda (SD) (Cuadro 12.1.6-1).

Para evaluar la incidencia del recurso agua sobre el rendimiento de los diferentes cultivos, se utiliza la metodología propuesta en FAO 33, la cual ocupa funciones de producción del agua.

Las funciones utilizadas son las propuestas por Doorenbos y Kassan (FAO 33, 1979), obtenidas en forma experimental. En ellas se presenta la relación entre el rendimiento y la evapotranspiración en términos relativos, lo que permite utilizar estas ecuaciones en diferentes condiciones edafoclimáticas.

[3] La oferta de agua corresponde al caudal disponible en el río el Chalinga para riego según derechos de aprovechamiento de aguas.

[4] La demanda de agua es obtenida a partir de los requerimientos de los cultivos presentes en el área de estudio.

**CUADRO 12.1.6-1**
**FACTOR SATISFACCIÓN ANUAL DE DEMANDA (SD) SITUACIÓN CON PROYECTO**

| Escenario | Sub Escenario | Calama | Chiuchiu | Turi-Ayquina-Paniri | Ponderada |
|---|---|---|---|---|---|
| **Actual** | | 0,97 | 0,87 | 0,97 | **0,94** |
| **1** | **1** | 0,97 | 0,91 | 0,97 | **0,96** |
| | **2** | 0,98 | 0,91 | 0,98 | **0,96** |
| | **3** | 0,98 | 0,92 | 0,98 | **0,96** |
| **2** | | 1,00 | 0,89 | 0,99 | **0,97** |
| **3** | **1** | 0,99 | 0,87 | 0,97 | **0,96** |
| | **2** | 0,99 | 0,87 | 0,97 | **0,96** |
| | **3** | 0,99 | 0,87 | 0,97 | **0,96** |
| | **4** | 0,99 | 0,87 | 0,97 | **0,96** |
| | **5** | 0,99 | 0,87 | 0,97 | **0,96** |
| **4** | **1** | 1,00 | 0,89 | 0,98 | **0,97** |
| | **2** | 0,96 | 0,88 | 0,61 | **0,90** |
| | **3** | 0,97 | 0,89 | 0,73 | **0,92** |
| | **4** | 1,00 | 0,89 | 0,99 | **0,97** |
| | **5** | 1,00 | 0,89 | 0,99 | **0,97** |
| **5** | | 0,98 | 0,94 | 0,98 | **0,97** |
| **6** | **1** | 0,97 | 0,87 | 0,97 | **0,94** |
| | **2** | 0,96 | 0,86 | 0,96 | **0,94** |
| | **3** | 0,97 | 0,87 | 0,97 | **0,94** |
| | **4** | 0,96 | 0,86 | 0,96 | **0,93** |
| **7** | **1** | 0,48 | 0,48 | 1,00 | **0,55** |
| | **2** | 0,53 | 0,53 | 1,00 | **0,60** |
| **8** | **1+Qeco** | 0,97 | 0,93 | 1,00 | **0,96** |
| | **2+Qeco** | 1,00 | 0,96 | 1,00 | **0,99** |
| **9** | **a** | 1,00 | 0,89 | 0,99 | **0,97** |
| | **b** | 1,00 | 0,89 | 0,99 | **0,97** |

Fuente:Elaboración propia.

Estas funciones se expresan a través del siguiente modelo:

$$Ym = (1 - Ky\ (1 - SD))\ Ya$$

Donde:

Ym = Rendimiento cosechado afectado por la satisfacción de la demanda.

Ya = Rendimiento potencial cosechado.

Ky = Factor del efecto sobre el rendimiento.

SD = Satisfacción de la demanda.

Los rendimientos (Ym) se calcularon a partir de las funciones de producción indicadas anteriormente en donde valores de Ky menores representan a cultivos cuyo rendimiento final es menos sensible al déficit hídrico (Cuadro 12.1.6-2)

**CUADRO 12.1.6-2**
**VALORES DE KY UTILIZADOS**

| Cultivos | Ky |
|---|---|
| Choclo | 1,05 |
| Zanahoria | 1,05 |
| Betarraga | 1,05 |
| Haba | 1,05 |
| Maíz (grano) | 1,05 |
| Alfalfa | 1,00 |
| Otros Cultivos | 1,25 |

Fuente:Elaboración propia.

En los Cuadros 12.1.6-3 a 12.1.6-6 se presenta un resumen de los flujos obtenidos para la Situaciones Sin Proyecto y Con Proyecto a precios privados y sociales. En el Anexo 5-4 se presentan los resultados específicos para cada Escenario.

El **Escenario 8S1+Qeco es el que presenta mejores resultados**, ya que conjuga en forma más equilibrada el aumento de la seguridad de riego y el mejoramiento de la calidad de aguas.

Por otra parte, es posible observar que los Escenarios 4S2, 7S1 y 7S2 tienen resultados negativos para todos los años del horizonte de evaluación, lo que se debe a la baja seguridad de riego y satisfacción de la demanda en los sectores de Calama y Chiuchiu obtenida.

## CUADRO 12.1.6-3
## FLUJO DE BENEFICIOS AGRÍCOLAS NETOS DEL PROYECTO
## ESCENARIOS 1 A 4 - PRECIOS DE MERCADO

| Año | Esc1S1 | Esc1S2 | Esc1S3 | Esc2 | Esc3S1 | Esc3S2 | Esc3S3 | Esc3S4 | Esc3S5 | Esc4S1 | Esc4S2 | Esc4S3 | Esc4S4 | Esc4S5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | -50.313.895 | -32.926.402 | -20.299.006 | 26.242.403 | -18.647.365 | -16.043.732 | -16.009.605 | -15.543.272 | -14.997.213 | 23.933.513 | -191.859.131 | -128.254.587 | 24.811.062 | 24.811.104 |
| 3 | -5.902.372 | 11.485.120 | 24.112.516 | 70.401.960 | 33.922.827 | 39.592.553 | 41.038.417 | 42.304.999 | 43.593.319 | 68.093.774 | -149.308.796 | -85.387.324 | 68.966.124 | 68.966.165 |
| 4 | -5.902.372 | 11.485.120 | 24.112.516 | 81.458.373 | 56.918.308 | 66.880.707 | 70.364.026 | 72.762.804 | 75.095.161 | 79.150.540 | -139.056.994 | -74.977.058 | 80.020.289 | 80.020.331 |
| 5 | -5.902.372 | 11.485.120 | 24.112.516 | 98.042.993 | 85.466.030 | 99.746.030 | 105.261.573 | 108.795.807 | 112.176.904 | 95.735.687 | -123.679.291 | -59.361.659 | 96.601.537 | 96.601.578 |
| 6 | -5.902.372 | 11.485.120 | 24.112.516 | 120.155.820 | 123.090.737 | 142.971.278 | 151.120.056 | 156.126.563 | 160.867.782 | 117.849.218 | -103.175.686 | -38.541.127 | 118.709.867 | 118.709.909 |
| 7 | 3.041.447 | 20.428.939 | 33.056.335 | 136.740.439 | 150.222.062 | 173.912.793 | 183.854.507 | 189.863.076 | 195.529.837 | 134.434.365 | -87.797.983 | -22.925.728 | 135.291.115 | 135.291.156 |
| 8 | 3.041.447 | 20.428.939 | 33.056.335 | 147.796.852 | 175.635.088 | 204.482.325 | 216.875.031 | 224.244.238 | 231.165.358 | 145.491.130 | -77.546.181 | -12.515.462 | 146.345.280 | 146.345.322 |
| 9 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 188.713.882 | 220.001.266 | 250.092.816 | 263.076.433 | 270.774.069 | 277.997.965 | 186.408.336 | -37.031.457 | 28.078.494 | 187.261.186 | 187.261.227 |
| 10 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 188.713.882 | 220.422.936 | 250.664.605 | 263.721.614 | 271.459.282 | 278.719.874 | 186.408.336 | -37.031.457 | 28.078.494 | 187.261.186 | 187.261.227 |
| 11 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 188.713.882 | 220.422.936 | 250.664.605 | 263.721.614 | 271.459.282 | 278.719.874 | 186.408.336 | -37.031.457 | 28.078.494 | 187.261.186 | 187.261.227 |
| 12 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 188.713.882 | 220.422.936 | 250.664.605 | 263.721.614 | 271.459.282 | 278.719.874 | 186.408.336 | -37.031.457 | 28.078.494 | 187.261.186 | 187.261.227 |
| 13 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 188.713.882 | 220.422.936 | 250.664.605 | 263.721.614 | 271.459.282 | 278.719.874 | 186.408.336 | -37.031.457 | 28.078.494 | 187.261.186 | 187.261.227 |
| 14 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 188.713.882 | 220.422.936 | 250.664.605 | 263.721.614 | 271.459.282 | 278.719.874 | 186.408.336 | -37.031.457 | 28.078.494 | 187.261.186 | 187.261.227 |
| 15 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 188.713.882 | 220.422.936 | 250.664.605 | 263.721.614 | 271.459.282 | 278.719.874 | 186.408.336 | -37.031.457 | 28.078.494 | 187.261.186 | 187.261.227 |
| 16 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 188.713.882 | 220.411.830 | 250.649.545 | 263.704.621 | 271.441.234 | 278.700.860 | 186.408.336 | -37.031.457 | 28.078.494 | 187.261.186 | 187.261.227 |
| 17 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 188.713.882 | 220.378.511 | 250.604.365 | 263.653.641 | 271.387.092 | 278.643.818 | 186.408.336 | -37.031.457 | 28.078.494 | 187.261.186 | 187.261.227 |
| 18 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 188.713.882 | 220.400.724 | 250.634.485 | 263.687.628 | 271.423.187 | 278.681.846 | 186.408.336 | -37.031.457 | 28.078.494 | 187.261.186 | 187.261.227 |
| 19 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 188.713.882 | 220.389.617 | 250.619.425 | 263.670.635 | 271.405.139 | 278.662.832 | 186.408.336 | -37.031.457 | 28.078.494 | 187.261.186 | 187.261.227 |
| 20 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 188.713.882 | 220.378.511 | 250.604.365 | 263.653.641 | 271.387.092 | 278.643.818 | 186.408.336 | -37.031.457 | 28.078.494 | 187.261.186 | 187.261.227 |
| 21 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 188.713.882 | 220.389.617 | 250.619.425 | 263.670.635 | 271.405.139 | 278.662.832 | 186.408.336 | -37.031.457 | 28.078.494 | 187.261.186 | 187.261.227 |
| 22 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 188.713.882 | 220.400.724 | 250.634.485 | 263.687.628 | 271.423.187 | 278.681.846 | 186.408.336 | -37.031.457 | 28.078.494 | 187.261.186 | 187.261.227 |
| 23 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 188.713.882 | 220.411.830 | 250.649.545 | 263.704.621 | 271.441.234 | 278.700.860 | 186.408.336 | -37.031.457 | 28.078.494 | 187.261.186 | 187.261.227 |
| 24 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 188.713.882 | 220.422.936 | 250.664.605 | 263.721.614 | 271.459.282 | 278.719.874 | 186.408.336 | -37.031.457 | 28.078.494 | 187.261.186 | 187.261.227 |
| 25 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 188.713.882 | 220.422.936 | 250.664.605 | 263.721.614 | 271.459.282 | 278.719.874 | 186.408.336 | -37.031.457 | 28.078.494 | 187.261.186 | 187.261.227 |
| 26 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 188.713.882 | 220.422.936 | 250.664.605 | 263.721.614 | 271.459.282 | 278.719.874 | 186.408.336 | -37.031.457 | 28.078.494 | 187.261.186 | 187.261.227 |
| 27 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 188.713.882 | 220.422.936 | 250.664.605 | 263.721.614 | 271.459.282 | 278.719.874 | 186.408.336 | -37.031.457 | 28.078.494 | 187.261.186 | 187.261.227 |
| 28 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 188.713.882 | 220.422.936 | 250.664.605 | 263.721.614 | 271.459.282 | 278.719.874 | 186.408.336 | -37.031.457 | 28.078.494 | 187.261.186 | 187.261.227 |
| 29 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 188.713.882 | 220.422.936 | 250.664.605 | 263.721.614 | 271.459.282 | 278.719.874 | 186.408.336 | -37.031.457 | 28.078.494 | 187.261.186 | 187.261.227 |
| 30 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 188.713.882 | 220.411.830 | 250.649.545 | 263.704.621 | 271.441.234 | 278.700.860 | 186.408.336 | -37.031.457 | 28.078.494 | 187.261.186 | 187.261.227 |
| 31 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 188.713.882 | 220.378.511 | 250.604.365 | 263.653.641 | 271.387.092 | 278.643.818 | 186.408.336 | -37.031.457 | 28.078.494 | 187.261.186 | 187.261.227 |

Nota: Precios a diciembre de 2016
Fuente:Elaboración propia.

## CUADRO 12.1.6-4
## FLUJO DE BENEFICIOS AGRÍCOLAS NETOS DEL PROYECTO
## ESCENARIOS 5 A 9 - PRECIOS DE MERCADO

| Año | Esc5 | Esc6S1 | Esc6S2 | Esc6S3 | Esc6S4 | Esc7S1 | Esc7S1 | Esc8S1+Qeco | Esc8S2+Qeco | Esc9a | Esc9b |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 49.555.979 | -51.494.811 | -72.969.387 | -51.494.811 | -79.017.393 | -1.681.258.143 | -1.512.227.929 | -284.509.720 | 2.641.967 | 26.242.403 | 26.242.403 |
| 3 | 147.158.882 | 1.523.080 | -20.727.219 | 1.523.080 | -27.007.942 | -1.345.756.769 | -1.145.121.823 | 322.681.457 | 305.777.735 | 70.401.960 | 70.401.960 |
| 4 | 173.754.573 | 17.008.660 | -5.629.501 | 17.008.660 | -12.026.582 | -1.568.269.773 | -1.355.620.860 | 203.446.422 | 241.288.481 | 81.458.373 | 81.458.373 |
| 5 | 213.648.108 | 40.237.029 | 17.017.077 | 40.237.029 | 10.445.458 | -1.653.208.434 | -1.419.697.270 | 297.849.914 | 281.921.610 | 98.042.993 | 98.042.993 |
| 6 | 266.839.489 | 71.208.189 | 47.212.514 | 71.208.189 | 40.408.178 | -1.538.935.056 | -1.277.607.558 | 651.246.163 | 449.870.612 | 120.155.820 | 120.155.820 |
| 7 | 315.676.844 | 94.436.559 | 69.859.091 | 94.436.559 | 62.880.218 | -1.314.851.705 | -1.030.767.757 | 1.070.955.133 | 674.770.982 | 136.740.439 | 136.740.439 |
| 8 | 342.272.534 | 109.922.138 | 84.956.810 | 109.922.138 | 77.861.578 | -1.892.872.454 | -1.598.668.737 | 579.928.888 | 423.794.081 | 147.796.852 | 147.796.852 |
| 9 | 405.479.202 | 153.053.751 | 127.894.492 | 153.053.751 | 120.741.081 | -1.229.440.643 | -926.388.643 | 1.319.424.882 | 767.063.632 | 188.713.882 | 188.713.882 |
| 10 | 405.479.202 | 153.053.751 | 127.894.492 | 153.053.751 | 120.741.081 | -1.473.101.695 | -1.170.049.696 | 1.075.763.830 | 645.260.210 | 188.713.882 | 188.713.882 |
| 11 | 405.479.202 | 153.053.751 | 127.894.492 | 153.053.751 | 120.741.081 | -1.665.864.501 | -1.362.812.502 | 883.001.024 | 548.878.807 | 188.713.882 | 188.713.882 |
| 12 | 405.479.202 | 153.053.751 | 127.894.492 | 153.053.751 | 120.741.081 | -1.473.101.695 | -1.170.049.696 | 1.075.763.830 | 645.260.210 | 188.713.882 | 188.713.882 |
| 13 | 405.479.202 | 153.053.751 | 127.894.492 | 153.053.751 | 120.741.081 | -1.221.535.685 | -918.483.686 | 1.327.329.840 | 771.043.215 | 188.713.882 | 188.713.882 |
| 14 | 405.479.202 | 153.053.751 | 127.894.492 | 153.053.751 | 120.741.081 | -1.917.430.511 | -1.614.378.512 | 631.435.014 | 423.095.802 | 188.713.882 | 188.713.882 |
| 15 | 405.479.202 | 153.053.751 | 127.894.492 | 153.053.751 | 120.741.081 | -1.221.535.685 | -918.483.686 | 1.327.329.840 | 771.043.215 | 188.713.882 | 188.713.882 |
| 16 | 405.479.202 | 153.053.751 | 127.894.492 | 153.053.751 | 120.741.081 | -1.475.354.185 | -1.172.302.186 | 1.073.511.340 | 644.106.861 | 188.713.882 | 188.713.882 |
| 17 | 405.479.202 | 153.053.751 | 127.894.492 | 153.053.751 | 120.741.081 | -1.674.874.459 | -1.371.822.460 | 873.991.066 | 544.265.411 | 188.713.882 | 188.713.882 |
| 18 | 405.479.202 | 153.053.751 | 127.894.492 | 153.053.751 | 120.741.081 | -1.477.606.675 | -1.174.554.675 | 1.071.258.850 | 642.953.512 | 188.713.882 | 188.713.882 |
| 19 | 405.479.202 | 153.053.751 | 127.894.492 | 153.053.751 | 120.741.081 | -1.228.293.154 | -925.241.155 | 1.320.572.371 | 767.583.168 | 188.713.882 | 188.713.882 |
| 20 | 405.479.202 | 153.053.751 | 127.894.492 | 153.053.751 | 120.741.081 | -1.926.440.469 | -1.623.388.470 | 622.425.056 | 418.482.406 | 188.713.882 | 188.713.882 |
| 21 | 405.479.202 | 153.053.751 | 127.894.492 | 153.053.751 | 120.741.081 | -1.228.293.154 | -925.241.155 | 1.320.572.371 | 767.583.168 | 188.713.882 | 188.713.882 |
| 22 | 405.479.202 | 153.053.751 | 127.894.492 | 153.053.751 | 120.741.081 | -1.477.606.675 | -1.174.554.675 | 1.071.258.850 | 642.953.512 | 188.713.882 | 188.713.882 |
| 23 | 405.479.202 | 153.053.751 | 127.894.492 | 153.053.751 | 120.741.081 | -1.668.116.990 | -1.365.064.991 | 880.748.535 | 547.725.458 | 188.713.882 | 188.713.882 |
| 24 | 405.479.202 | 153.053.751 | 127.894.492 | 153.053.751 | 120.741.081 | -1.473.101.695 | -1.170.049.696 | 1.075.763.830 | 645.260.210 | 188.713.882 | 188.713.882 |
| 25 | 405.479.202 | 153.053.751 | 127.894.492 | 153.053.751 | 120.741.081 | -1.221.535.685 | -918.483.686 | 1.327.329.840 | 771.043.215 | 188.713.882 | 188.713.882 |
| 26 | 405.479.202 | 153.053.751 | 127.894.492 | 153.053.751 | 120.741.081 | -1.917.430.511 | -1.614.378.512 | 631.435.014 | 423.095.802 | 188.713.882 | 188.713.882 |
| 27 | 405.479.202 | 153.053.751 | 127.894.492 | 153.053.751 | 120.741.081 | -1.221.535.685 | -918.483.686 | 1.327.329.840 | 771.043.215 | 188.713.882 | 188.713.882 |
| 28 | 405.479.202 | 153.053.751 | 127.894.492 | 153.053.751 | 120.741.081 | -1.473.101.695 | -1.170.049.696 | 1.075.763.830 | 645.260.210 | 188.713.882 | 188.713.882 |
| 29 | 405.479.202 | 153.053.751 | 127.894.492 | 153.053.751 | 120.741.081 | -1.665.864.501 | -1.362.812.502 | 883.001.024 | 548.878.807 | 188.713.882 | 188.713.882 |
| 30 | 405.479.202 | 153.053.751 | 127.894.492 | 153.053.751 | 120.741.081 | -1.475.354.185 | -1.172.302.186 | 1.073.511.340 | 644.106.861 | 188.713.882 | 188.713.882 |
| 31 | 405.479.202 | 153.053.751 | 127.894.492 | 153.053.751 | 120.741.081 | -1.230.545.644 | -927.493.644 | 1.318.319.881 | 766.429.819 | 188.713.882 | 188.713.882 |

Nota: Precios a diciembre de 2016
Fuente:Elaboración propia.

## CUADRO 12.1.6-5
## FLUJO DE BENEFICIOS AGRÍCOLAS NETOS DEL PROYECTO
## ESCENARIOS 1 A 4 - PRECIOS SOCIALES

| Año | Esc1S1 | Esc1S2 | Esc1S3 | Esc2 | Esc3S1 | Esc3S2 | Esc3S3 | Esc3S4 | Esc3S5 | Esc4S1 | Esc4S2 | Esc4S3 | Esc4S4 | Esc4S5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | -50.313.895 | -32.926.402 | -20.299.006 | 26.882.708 | -17.235.542 | -14.357.239 | -14.188.829 | -13.649.250 | -13.036.050 | 24.573.818 | -191.218.826 | -127.614.282 | 25.451.368 | 25.451.409 |
| 3 | -5.902.372 | 11.485.120 | 24.112.516 | 73.603.486 | 39.673.850 | 46.251.229 | 48.140.835 | 49.649.458 | 51.159.649 | 71.295.300 | -146.107.270 | -82.185.799 | 72.167.650 | 72.167.691 |
| 4 | -5.902.372 | 11.485.120 | 24.112.516 | 85.940.509 | 65.274.962 | 76.616.738 | 80.774.419 | 83.541.031 | 86.210.569 | 83.632.676 | -134.574.858 | -70.494.922 | 84.502.425 | 84.502.467 |
| 5 | -5.902.372 | 11.485.120 | 24.112.516 | 104.446.045 | 97.404.106 | 113.654.646 | 120.133.563 | 124.193.274 | 128.056.058 | 102.138.739 | -117.276.239 | -52.958.608 | 103.004.588 | 103.004.630 |
| 6 | -5.902.372 | 11.485.120 | 24.112.516 | 129.120.092 | 139.804.044 | 162.443.339 | 171.940.842 | 177.683.017 | 183.098.599 | 126.813.490 | -94.211.414 | -29.576.855 | 127.674.139 | 127.674.181 |
| 7 | 3.041.447 | 20.428.939 | 33.056.335 | 147.625.627 | 170.298.777 | 197.261.808 | 208.803.314 | 215.684.496 | 222.151.152 | 145.319.553 | -76.912.796 | -12.040.541 | 146.176.303 | 146.176.344 |
| 8 | 3.041.447 | 20.428.939 | 33.056.335 | 159.962.650 | 198.535.449 | 231.204.326 | 245.465.389 | 253.853.700 | 261.708.999 | 157.656.928 | -65.380.383 | -349.665 | 158.511.078 | 158.511.119 |
| 9 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 201.519.985 | 243.877.419 | 277.910.046 | 292.820.413 | 301.569.003 | 309.756.274 | 199.214.439 | -24.225.354 | 40.884.597 | 200.067.289 | 200.067.330 |
| 10 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 201.519.985 | 244.299.089 | 278.481.836 | 293.465.594 | 302.254.216 | 310.478.183 | 199.214.439 | -24.225.354 | 40.884.597 | 200.067.289 | 200.067.330 |
| 11 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 201.519.985 | 244.299.089 | 278.481.836 | 293.465.594 | 302.254.216 | 310.478.183 | 199.214.439 | -24.225.354 | 40.884.597 | 200.067.289 | 200.067.330 |
| 12 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 201.519.985 | 244.299.089 | 278.481.836 | 293.465.594 | 302.254.216 | 310.478.183 | 199.214.439 | -24.225.354 | 40.884.597 | 200.067.289 | 200.067.330 |
| 13 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 201.519.985 | 244.299.089 | 278.481.836 | 293.465.594 | 302.254.216 | 310.478.183 | 199.214.439 | -24.225.354 | 40.884.597 | 200.067.289 | 200.067.330 |
| 14 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 201.519.985 | 244.299.089 | 278.481.836 | 293.465.594 | 302.254.216 | 310.478.183 | 199.214.439 | -24.225.354 | 40.884.597 | 200.067.289 | 200.067.330 |
| 15 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 201.519.985 | 244.299.089 | 278.481.836 | 293.465.594 | 302.254.216 | 310.478.183 | 199.214.439 | -24.225.354 | 40.884.597 | 200.067.289 | 200.067.330 |
| 16 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 201.519.985 | 244.287.983 | 278.466.776 | 293.448.601 | 302.236.168 | 310.459.169 | 199.214.439 | -24.225.354 | 40.884.597 | 200.067.289 | 200.067.330 |
| 17 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 201.519.985 | 244.254.664 | 278.421.596 | 293.397.621 | 302.182.026 | 310.402.127 | 199.214.439 | -24.225.354 | 40.884.597 | 200.067.289 | 200.067.330 |
| 18 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 201.519.985 | 244.276.877 | 278.451.716 | 293.431.608 | 302.218.121 | 310.440.155 | 199.214.439 | -24.225.354 | 40.884.597 | 200.067.289 | 200.067.330 |
| 19 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 201.519.985 | 244.265.770 | 278.436.656 | 293.414.615 | 302.200.073 | 310.421.141 | 199.214.439 | -24.225.354 | 40.884.597 | 200.067.289 | 200.067.330 |
| 20 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 201.519.985 | 244.254.664 | 278.421.596 | 293.397.621 | 302.182.026 | 310.402.127 | 199.214.439 | -24.225.354 | 40.884.597 | 200.067.289 | 200.067.330 |
| 21 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 201.519.985 | 244.265.770 | 278.436.656 | 293.414.615 | 302.200.073 | 310.421.141 | 199.214.439 | -24.225.354 | 40.884.597 | 200.067.289 | 200.067.330 |
| 22 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 201.519.985 | 244.276.877 | 278.451.716 | 293.431.608 | 302.218.121 | 310.440.155 | 199.214.439 | -24.225.354 | 40.884.597 | 200.067.289 | 200.067.330 |
| 23 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 201.519.985 | 244.287.983 | 278.466.776 | 293.448.601 | 302.236.168 | 310.459.169 | 199.214.439 | -24.225.354 | 40.884.597 | 200.067.289 | 200.067.330 |
| 24 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 201.519.985 | 244.299.089 | 278.481.836 | 293.465.594 | 302.254.216 | 310.478.183 | 199.214.439 | -24.225.354 | 40.884.597 | 200.067.289 | 200.067.330 |
| 25 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 201.519.985 | 244.299.089 | 278.481.836 | 293.465.594 | 302.254.216 | 310.478.183 | 199.214.439 | -24.225.354 | 40.884.597 | 200.067.289 | 200.067.330 |
| 26 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 201.519.985 | 244.299.089 | 278.481.836 | 293.465.594 | 302.254.216 | 310.478.183 | 199.214.439 | -24.225.354 | 40.884.597 | 200.067.289 | 200.067.330 |
| 27 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 201.519.985 | 244.299.089 | 278.481.836 | 293.465.594 | 302.254.216 | 310.478.183 | 199.214.439 | -24.225.354 | 40.884.597 | 200.067.289 | 200.067.330 |
| 28 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 201.519.985 | 244.299.089 | 278.481.836 | 293.465.594 | 302.254.216 | 310.478.183 | 199.214.439 | -24.225.354 | 40.884.597 | 200.067.289 | 200.067.330 |
| 29 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 201.519.985 | 244.299.089 | 278.481.836 | 293.465.594 | 302.254.216 | 310.478.183 | 199.214.439 | -24.225.354 | 40.884.597 | 200.067.289 | 200.067.330 |
| 30 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 201.519.985 | 244.287.983 | 278.466.776 | 293.448.601 | 302.236.168 | 310.459.169 | 199.214.439 | -24.225.354 | 40.884.597 | 200.067.289 | 200.067.330 |
| 31 | 67.470.270 | 84.857.762 | 97.485.158 | 201.519.985 | 244.254.664 | 278.421.596 | 293.397.621 | 302.182.026 | 310.402.127 | 199.214.439 | -24.225.354 | 40.884.597 | 200.067.289 | 200.067.330 |

Nota: Precios a diciembre de 2016
Fuente:Elaboración propia.

## CUADRO 12.1.6-6
## FLUJO DE BENEFICIOS AGRÍCOLAS NETOS DEL PROYECTO
## ESCENARIOS 5 A 9 - PRECIOS SOCIALES

| Año | Esc5 | Esc6S1 | Esc6S2 | Esc6S3 | Esc6S4 | Esc7S1 | Esc7S1 | Esc8S1+Qeco | Esc8S2+Qeco | Esc9a | Esc9b |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 51.342.452 | -50.530.283 | -72.004.860 | -50.530.283 | -78.052.866 | -1.673.028.595 | -1.503.998.381 | -276.280.172 | 6.130.386 | 26.882.708 | 26.882.708 |
| 3 | 156.091.246 | 6.345.717 | -15.904.582 | 6.345.717 | -22.185.305 | -1.298.078.252 | -1.097.443.306 | 370.359.974 | 326.485.220 | 73.603.486 | 73.603.486 |
| 4 | 186.259.882 | 23.760.351 | 1.122.191 | 23.760.351 | -5.274.891 | -1.503.043.698 | -1.290.394.784 | 268.672.498 | 269.517.035 | 85.940.509 | 85.940.509 |
| 5 | 231.512.836 | 49.882.303 | 26.662.351 | 49.882.303 | 20.090.732 | -1.560.028.326 | -1.326.517.162 | 391.030.022 | 322.248.116 | 104.446.045 | 104.446.045 |
| 6 | 291.850.108 | 84.711.572 | 60.715.897 | 84.711.572 | 53.911.561 | -1.408.482.905 | -1.147.155.407 | 781.698.314 | 506.327.720 | 129.120.092 | 129.120.092 |
| 7 | 346.046.881 | 110.833.524 | 86.256.057 | 110.833.524 | 79.277.183 | -1.155.357.058 | -871.273.110 | 1.230.449.780 | 743.870.273 | 147.625.627 | 147.625.627 |
| 8 | 376.215.517 | 128.248.159 | 103.282.830 | 128.248.159 | 96.187.598 | -1.716.918.711 | -1.422.714.995 | 755.882.630 | 499.870.210 | 159.962.650 | 159.962.650 |
| 9 | 441.208.659 | 172.344.299 | 147.185.039 | 172.344.299 | 140.031.628 | -1.043.080.426 | -740.028.427 | 1.505.785.099 | 847.716.644 | 201.519.985 | 201.519.985 |
| 10 | 441.208.659 | 172.344.299 | 147.185.039 | 172.344.299 | 140.031.628 | -1.286.741.479 | -983.689.480 | 1.262.124.046 | 725.913.221 | 201.519.985 | 201.519.985 |
| 11 | 441.208.659 | 172.344.299 | 147.185.039 | 172.344.299 | 140.031.628 | -1.479.504.285 | -1.176.452.285 | 1.069.361.240 | 629.531.819 | 201.519.985 | 201.519.985 |
| 12 | 441.208.659 | 172.344.299 | 147.185.039 | 172.344.299 | 140.031.628 | -1.286.741.479 | -983.689.480 | 1.262.124.046 | 725.913.221 | 201.519.985 | 201.519.985 |
| 13 | 441.208.659 | 172.344.299 | 147.185.039 | 172.344.299 | 140.031.628 | -1.035.175.469 | -732.123.470 | 1.513.690.056 | 851.696.226 | 201.519.985 | 201.519.985 |
| 14 | 441.208.659 | 172.344.299 | 147.185.039 | 172.344.299 | 140.031.628 | -1.731.070.295 | -1.428.018.296 | 817.795.230 | 503.748.813 | 201.519.985 | 201.519.985 |
| 15 | 441.208.659 | 172.344.299 | 147.185.039 | 172.344.299 | 140.031.628 | -1.035.175.469 | -732.123.470 | 1.513.690.056 | 851.696.226 | 201.519.985 | 201.519.985 |
| 16 | 441.208.659 | 172.344.299 | 147.185.039 | 172.344.299 | 140.031.628 | -1.288.993.969 | -985.941.970 | 1.259.871.556 | 724.759.872 | 201.519.985 | 201.519.985 |
| 17 | 441.208.659 | 172.344.299 | 147.185.039 | 172.344.299 | 140.031.628 | -1.488.514.243 | -1.185.462.244 | 1.060.351.282 | 624.918.423 | 201.519.985 | 201.519.985 |
| 18 | 441.208.659 | 172.344.299 | 147.185.039 | 172.344.299 | 140.031.628 | -1.291.246.459 | -988.194.459 | 1.257.619.067 | 723.606.523 | 201.519.985 | 201.519.985 |
| 19 | 441.208.659 | 172.344.299 | 147.185.039 | 172.344.299 | 140.031.628 | -1.041.932.938 | -738.880.939 | 1.506.932.587 | 848.236.180 | 201.519.985 | 201.519.985 |
| 20 | 441.208.659 | 172.344.299 | 147.185.039 | 172.344.299 | 140.031.628 | -1.740.080.253 | -1.437.028.254 | 808.785.272 | 499.135.418 | 201.519.985 | 201.519.985 |
| 21 | 441.208.659 | 172.344.299 | 147.185.039 | 172.344.299 | 140.031.628 | -1.041.932.938 | -738.880.939 | 1.506.932.587 | 848.236.180 | 201.519.985 | 201.519.985 |
| 22 | 441.208.659 | 172.344.299 | 147.185.039 | 172.344.299 | 140.031.628 | -1.291.246.459 | -988.194.459 | 1.257.619.067 | 723.606.523 | 201.519.985 | 201.519.985 |
| 23 | 441.208.659 | 172.344.299 | 147.185.039 | 172.344.299 | 140.031.628 | -1.481.756.774 | -1.178.704.775 | 1.067.108.751 | 628.378.470 | 201.519.985 | 201.519.985 |
| 24 | 441.208.659 | 172.344.299 | 147.185.039 | 172.344.299 | 140.031.628 | -1.286.741.479 | -983.689.480 | 1.262.124.046 | 725.913.221 | 201.519.985 | 201.519.985 |
| 25 | 441.208.659 | 172.344.299 | 147.185.039 | 172.344.299 | 140.031.628 | -1.035.175.469 | -732.123.470 | 1.513.690.056 | 851.696.226 | 201.519.985 | 201.519.985 |
| 26 | 441.208.659 | 172.344.299 | 147.185.039 | 172.344.299 | 140.031.628 | -1.731.070.295 | -1.428.018.296 | 817.795.230 | 503.748.813 | 201.519.985 | 201.519.985 |
| 27 | 441.208.659 | 172.344.299 | 147.185.039 | 172.344.299 | 140.031.628 | -1.035.175.469 | -732.123.470 | 1.513.690.056 | 851.696.226 | 201.519.985 | 201.519.985 |
| 28 | 441.208.659 | 172.344.299 | 147.185.039 | 172.344.299 | 140.031.628 | -1.286.741.479 | -983.689.480 | 1.262.124.046 | 725.913.221 | 201.519.985 | 201.519.985 |
| 29 | 441.208.659 | 172.344.299 | 147.185.039 | 172.344.299 | 140.031.628 | -1.479.504.285 | -1.176.452.285 | 1.069.361.240 | 629.531.819 | 201.519.985 | 201.519.985 |
| 30 | 441.208.659 | 172.344.299 | 147.185.039 | 172.344.299 | 140.031.628 | -1.288.993.969 | -985.941.970 | 1.259.871.556 | 724.759.872 | 201.519.985 | 201.519.985 |
| 31 | 441.208.659 | 172.344.299 | 147.185.039 | 172.344.299 | 140.031.628 | -1.044.185.427 | -741.133.428 | 1.504.680.098 | 847.082.831 | 201.519.985 | 201.519.985 |

Nota: Precios a diciembre de 2016
Fuente:Elaboración propia.

## 12.2. Beneficios Asociados a la Generación de Hidroelectricidad

Tal como se indicó en el Capítulo 4, se considera la instalación de una MCH para la que se determinó su potencia instalada, la que depende del volumen total del embalse considerado. Para transformar la energía a beneficios, se utiliza la información promedio de venta de energía y potencia del Sistema Interconectado del Norte Grande SING, la que asciende a 32,01 $/kWh para la energía y a 5.552,54 $/kW/mes según información de la Comisión Nacional de Energía. En el Cuadro 12.2-1 se resumen los beneficios adoptados para cada MCH.

**CUADRO 12.2-1**
**BENEFICIOS ASOCIADOS A LA GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA**

| Volumen Embalse (hm³) | Potencia Instalada (kW) | Energía Anual Generada (kWh) | Beneficio Anual por Energía ($) | Beneficio Anual por Potencia ($) | Beneficio Generación ($) |
|---|---|---|---|---|---|
| 11,3 | 43,1 | 377.815 | 2.871.774 | 12.093.858 | 14.965.632 |
| 20,9 | 53,9 | 472.487 | 3.591.383 | 15.124.309 | 18.715.692 |
| 34,7 | 64,7 | 567.160 | 4.310.992 | 18.154.792 | 22.465.784 |

Fuente: Elaboración propia.

## 12.3. Beneficios Asociados al Control de Crecidas

### 12.3.1. Introducción

Con la finalidad de realizar posteriormente la evaluación económica de alternativas, en este acápite se presenta la metodología y el cálculo de los daños provocados por inundaciones. Esta labor se realizó sobre la base de los lineamientos propuestos por la Metodología de Preparación y Evaluación de Proyectos de Defensas Fluviales del Ministerio de Desarrollo Social (MDS)[5].

### 12.3.2. Definiciones Básicas

De acuerdo con los antecedentes recopilados, los tipos de daños que ocurren debido a las crecidas se pueden separar en daños **tangibles** y daños **intangibles**.

Los daños tangibles corresponden a aquellos que repercuten directamente en la economía del sector. Por lo tanto, se les puede asignar un costo económico de fácil cuantificación. Dentro de los daños tangibles se distinguen los daños **directos** y los daños **indirectos.** Los daños directos son los resultantes del contacto directo del agua con las diferentes propiedades en la zona afectada. El monto de estos daños será equivalente a la suma

[5] http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/fotos/Defensas%20fluviales%202013.pdf

necesaria para la recuperación de los bienes involucrados, devolviéndoles las condiciones que tenían antes de la catástrofe.

Los daños indirectos son aquellos que se reflejan en el resto de la economía y que corresponden a un impacto provocado por los daños directos. Un ejemplo de esto es la pérdida de servicios de abastecimiento con la consiguiente pérdida de producción industrial, debida al corte de un camino, el rompimiento de una tubería, etc.

Finalmente, los daños intangibles son aquellos de difícil cuantificación y valorización, como el aumento de enfermedades, daños sicológicos, pérdida de patrimonio cultural, etc. En la Figura 12.3.2-1, se ilustran los daños indicados.

En definitiva, el objetivo del presente acápite es aplicar la metodología vigente para la asignación de valores a los daños indicados precedentemente, con el fin de efectuar la posterior evaluación de los beneficios asociados a la construcción de las obras propuestas.

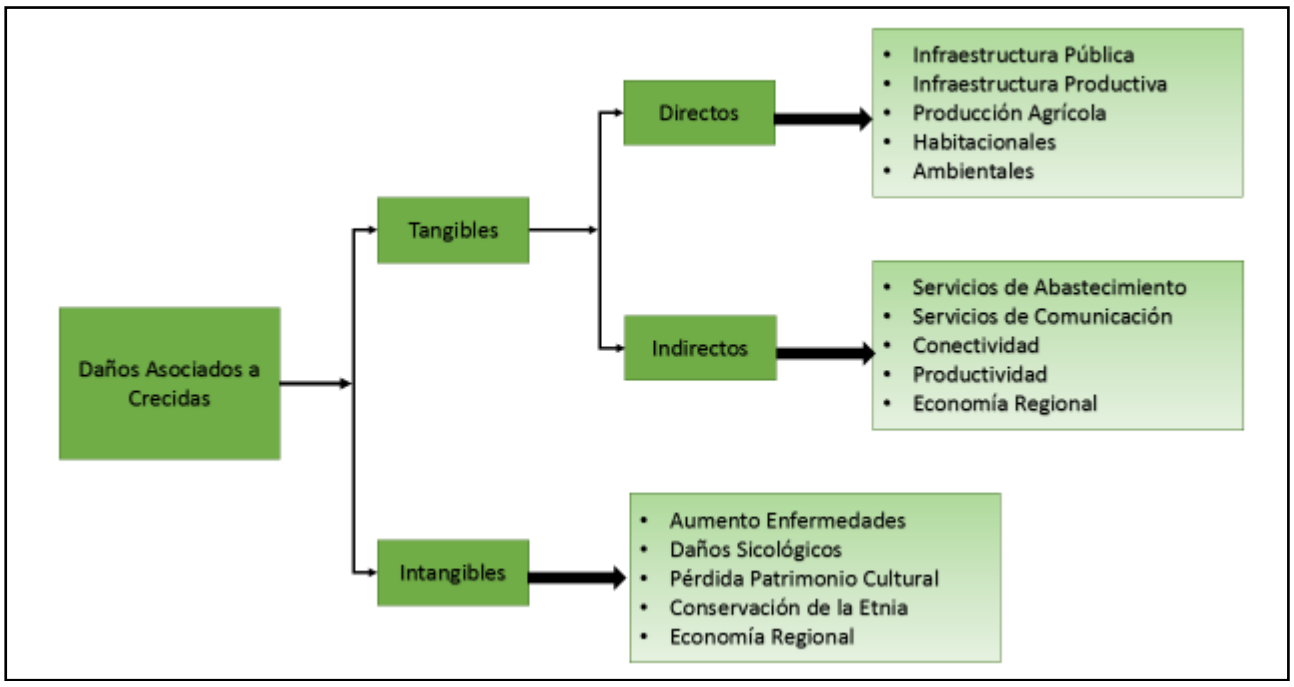



**FIGURA 12.3.2-1**
**ESQUEMA DE DAÑOS ASOCIADOS A CRECIDAS**

Fuente: Elaboración propia.

### 12.3.3. Metodología

La metodología que a continuación se presenta ha sido desarrollada intentando considerar la mayor y mejor utilización posible de la información disponible, de manera que pueda ser generalizada y aplicada al resto de los daños, incluso a los daños intangibles.

La metodología consiste en evaluar las superficies agrícolas inundadas, así como las dimensiones de la infraestructura vial afectada y las construcciones que probablemente sufran daños, para diferentes períodos de retorno. Esto se hace en base a cartografía existente (restitución) e imágenes satelitales recientes proporcionadas por el sitio web *Google Earth*. A continuación, se valoran los resultados sobre una base de precios que sea representativa, únicamente para asignar cifras que consideren los diferentes ítems (superficies, metros lineales y cantidad de construcciones) que puedan ser evaluados en una forma segura. Dichos precios son en base a la experiencia del Consultor en proyectos de obras fluviales.

Finalmente, se elabora la curva de daños físicos en función del periodo de retorno, luego esta curva se transforma y queda definida en términos de daños porcentuales vs caudales o período de retorno, asignando el valor 1 al daño asociado al caudal equivalente a algún período de retorno para el que se tenga información. La curva se define hasta 100 años de período de retorno, y se completa linealmente entre 0 y el caudal correspondiente a 5 años de período de retorno. Esta es una simplificación por el lado de la seguridad, porque en estricto rigor, el cauce tiene una capacidad normal, no nula, para la cual los daños son nulos.

Por último, debe hacerse notar que un supuesto básico de la metodología es que se considera que, para los daños indirectos e intangibles, para los que no se dispone de información en términos de diferentes períodos de retorno, se asume que siguen la misma distribución que los daños directos.

De acuerdo con la definición que se entrega en la Metodología de Preparación y Evaluación de Proyectos de Defensas Fluviales del Ministerio de Desarrollo Social (MDS), año 2013, se indica que “Las pérdidas anuales por desbordes fluviales en situación sin proyecto, pueden ser calculadas como la esperanza matemática de los daños; multiplicando, a partir de la relación daños - probabilidad de excedencia, el incremento de probabilidad asociado a cada nivel de inundación por el monto de los daños correspondiente. De la suma de todos estos resultados se obtiene el monto de pérdidas anuales esperado”.Estocorresponde al área entre las curvas de daños sin proyecto (s/p) y con proyecto (c/p) que se muestran en la Figura12.3.3-1 de daños vs Probabilidad de excedencia(1/T).

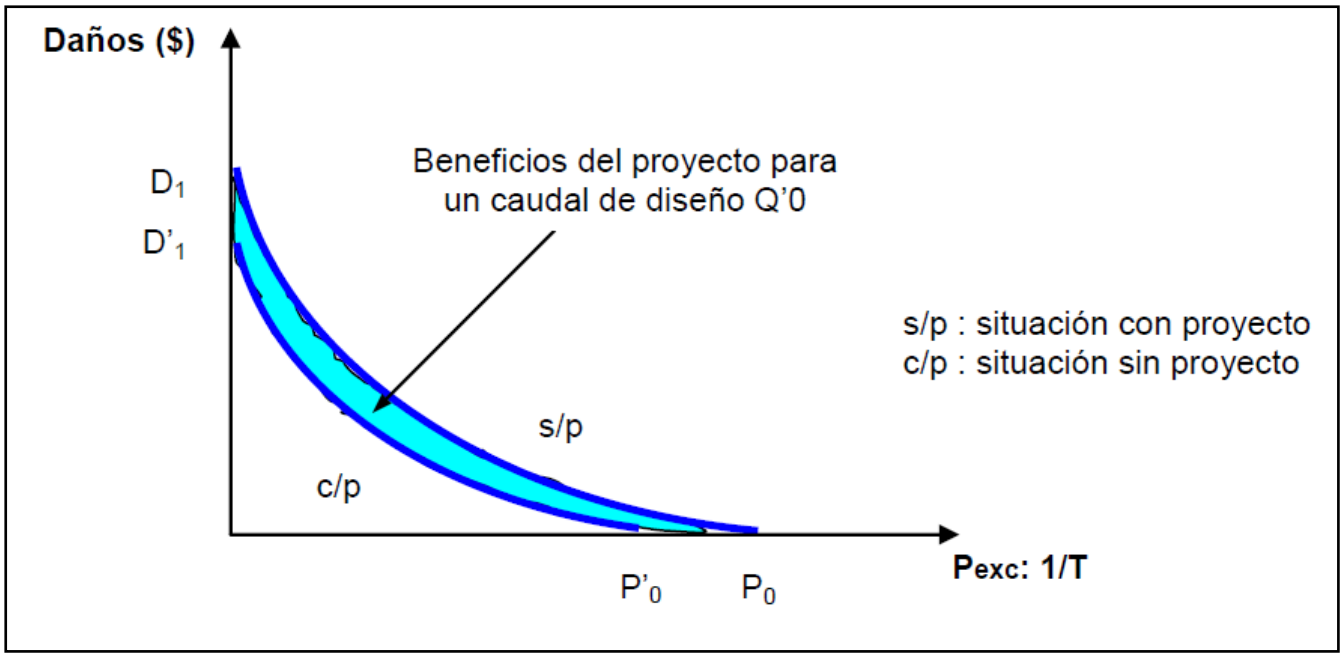



**FIGURA 12.3.3-1**
**CURVA DE DAÑOS VS PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA (1/T)**

Fuente: Metodología de Preparación y Evaluación de Proyectos de Defensas Fluviales del Ministerio de Desarrollo Social (MDS) 2013.

12.3.4. Cálculo de Beneficios

Para el cálculo de beneficios se procede en forma simplificada, considerando los resultados obtenidos en el estudio "Estudio de Prefactibilidad: Alternativas de Obras de Regulación y Control de Crecidas en la Hoya del Río Salado (Afluente del Río Loa), Región de Antofagasta", desarrollado por este Consultor para la CNR. En ese estudio se determinó el daño evitado para 3 embalses controladores de crecidas, cuyos resultados se resumen en el Cuadro 12.3.4-1. En este cuadro se incluye además el daño evitado unitario, el que en promedio asciende a 6,1 millones/año/hm³. Usando esta información se determinó el daño evitado anual para cada alternativa de embalse considerada según se muestra en el Cuadro 12.3.4-2.

**CUADRO 12.3.4-1**
**RESUMEN DAÑO EVITADO PARA DIFERENTES EMBALSES DE CONTROL DE CRECIDAS**

| Embalse | Volumen Útil ($hm^3$) | Daño Anual Evitado (millones/año) | Daño Evitado Unitario (millones/año/ $hm^3$) |
|---|---|---|---|
| Curti | 12 | 55,1 | 4,6 |
| Caucochar | 1,83 | 9,4 | 5,1 |
| Yalqui | 1,87 | 15,7 | 8,4 |

Fuente: Elaboración propia usando Estudio de Prefactibilidad: Alternativas de Obras de Regulación y Control de Crecidas en la Hoya del Río Salado (Afluente del Río Loa), Región de Antofagasta"

**CUADRO 12.3.4-2**
**RESUMEN DAÑO EVITADO PARA DIFERENTES EMBALSES DE CONTROL DE CRECIDAS**

| Volumen Total ($hm^3$) | Volumen Útil ($hm^3$) | Daño Anual Evitado (millones/año) |
|---|---|---|
| 11,3 | 2,95 | 18,0 |
| 20,9 | 12,55 | 76,6 |
| 34,7 | 26,35 | 160,7 |

Fuente: Elaboración propia

# CAPÍTULO 13

# DIAGNÓSTICO TERRITORIAL, DEFINICIÓN DE IMAGEN OBJETIVO Y BRECHAS

# 13. DIAGNÓSTICO TERRITORIAL, DEFINICIÓN DE IMAGEN OBJETIVO, BRECHAS Y LÍNEAS DE ACCIÓN

## 13.1. Aspectos Generales

En este capítulo se presenta en primer lugar la metodología para la definición de la imagen objetivo, luego las brechas, para luego presentar a nivel territorial los árboles de problemas, la imagen objetivo, las brechas, las líneas de acción, y los árboles de soluciones.

## 13.2. Metodología para la Definición de la Imagen Objetivo

El trabajo hasta ahora efectuado ha permitido elaborar un diagnóstico de los distintos territorios que componen la cuenca del río Loa y Salado, el que ha sido construido fundamentalmente considerando variables como calidad de aguas, de suelos o infraestructura. Este diagnóstico ha permitido definir con mayor claridad cuál es la situación agrícola e hídrica existente en la zona de estudio y ha estado basado tanto en fuentes secundarias como primarias.

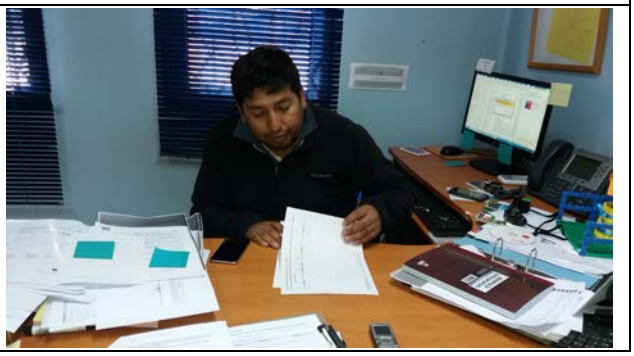
Las fuentes primarias han permitido incorporar las opiniones de distintos actores relevantes identificados, quienes representan a las múltiples voces con intereses en las materias bajo análisis. Con el objetivo de recabar la importante visión de dirigentes agrícolas, de directivos de instituciones estatales asociadas al desarrollo local y regional y de quienes desarrollan propiamente tal agricultura en la zona, se realizaron múltiples reuniones en el transcurso del estudio asociadas a presentación del estudio y el avance de sus etapas, tanto para autoridades regionales como para agricultores y dirigentes, así como entrevistas de diagnóstico realizadas a actores claves el ámbito del desarrollo agrícola. Los medios de verificación de las reuniones se encuentran en los anexos del Capítulo 3.

Las Fotografías 13.2-1 y 13.2-2 grafican el contexto de las actividades desarrolladas en terreno, tanto en el ámbito de las entrevistas a actores clave, como al desarrollo de reuniones con autoridades regionales.

En cuanto a las fuentes secundarias, cabe señalar que las definiciones emanadas desde el Estudio Básico “Diagnóstico para Desarrollar Plan de Riego en Región de Antofagasta” fueron especialmente atendidas, pues parte de su reciente labor también estuvo dada por la definición de directrices de desarrollo para el riego en la región.

**FOTOGRAFÍA 13.2-1**
**FOTOGRAFÍAS REUNIÓN COMISIÓN REGIONAL DE RIEGO**

Fuente: Equipo Consultor.



**FOTOGRAFÍA 13.2-2**
**FOTOGRAFÍAS DE ENTREVISTAS A ACTORES CLAVE**

Fuente: Equipo Consultor

En función de tal diagnóstico, y como paso previo a la elaboración de las líneas de acción sobre las que se considera necesario avanzar para potenciar las condiciones productivas del área de estudio, este apartado presenta una Imagen Objetivo para cada uno de los territorios bajo análisis. La Imagen Objetivo se entiende como una definición que integra una serie de nociones sobre las que se considera necesario avanzar para alcanzar una situación deseada en el largo plazo. En este sentido, la Imagen Objetivo se establece en tanto principio orientador que permite direccionar un futuro proceso de intervención y, como tal, tiene el desafío de integrar adecuadamente factores como las aspiraciones sociales existentes, los potenciales y estrategias de desarrollo detectadas o su factibilidad en función de los medios disponibles y del contexto territorial. Por ello, las Imágenes Objetivo propuestas fueron elaboradas a partir del diagnóstico técnico efectuado, pero también desde la información recogida en las diversas entrevistas y actividades participativas desarrolladas.

En términos metodológicos, el "norte" establecido a través de las Imágenes Objetivo fue elaborado por medio de dos ejercicios de ordenamiento conceptual: en primer lugar, con la elaboración de escenarios actuales y futuros en cada uno de los ámbitos vinculados al estudio (calidad de agua, calidad de suelos, infraestructura, etc.). Con ellos se buscó expresar la situación actual (según el diagnóstico realizado) y futura (hacia la cual se quisiera avanzar) en cada uno de los territorios. En segundo lugar, se construyó un árbol de problemas, el que también se vio nutrido a partir de las diversas fuentes de información utilizadas por el presente estudio. Este árbol de problemas, también desagregado territorialmente para distinguir las particularidades existentes en cada sector de riego, constituye un antecedente para la elaboración de las líneas de acción propuestas en el Capítulo 14.

El esquema presentado en la Figura 13.2-1 muestra la secuencia lógica utilizada para la confección de la Imagen objetivo.

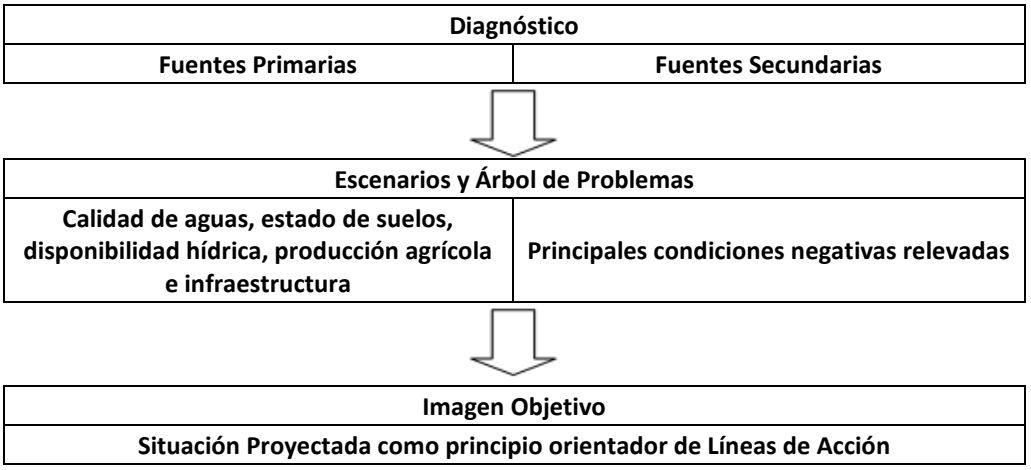



**FIGURA 13.2-1**
**ESQUEMA BÁSICO EN PROCESO DE CONFECCIÓN IMAGEN OBJETIVO**

Fuente: Elaboración propia.

## 13.3. Análisis de Brechas

Para llevar a cabo el análisis de brechas se contempla dar respuesta a los siguientes cuestionamientos que enmarcarán y darán factibilidad a la solución de las problemáticas analizadas:

- **Cuestionamiento 1:** Cuál es la situación actual que se desea analizar ("lo que es") y se quiere resolver, con lo cual se responde a la pregunta ¿Dónde estamos?

- Cuestionamiento 2: Cuál sería la situación Futura en un plazo determinado si no se implementan mejoras en la situación actual, con lo cual se responde a la pregunta ¿Dónde iríamos?

- Cuestionamiento 3: Cuál es el objetivo o estado futuro deseado ("lo que debería ser"). Con lo cual se responde a la pregunta ¿Dónde deberíamos llegar a un plazo determinado?

- Cuestionamiento 4: ¿Cuán lejos estamos de donde queremos estar?, con lo cual es posible Identificar las brechas entre el estado actual y el objetivo.

Para dar respuesta a los cuestionamientos antes citados, se tendrá especial atención en el contexto local, regional y de país, respecto a las problemáticas que implica alcanzar los objetivos deseados. En este contexto el cierre de brechas estará considerará los siguientes enfoques básicos:

- Ampliar el marco de tiempo para lograr el objetivo.

- Reducir la magnitud o alcance del objetivo.

- Reasignar los recursos para lograr metas.

- Obtener nuevos recursos. (talentos, productos, mercado, capital).

En la Figura 13.3-1 se aprecia gráficamente la Metodología de Planificación Estratégica Situacional enmarcada en la identificación de brechas.

Al igual que para la imagen objetivo, las brechas serán complementadas con la información presentada en el Estudio Básico "Diagnóstico para Desarrollar Plan de Riego en Región de Antofagasta" desarrollado por Amphos-21 para la CNR.

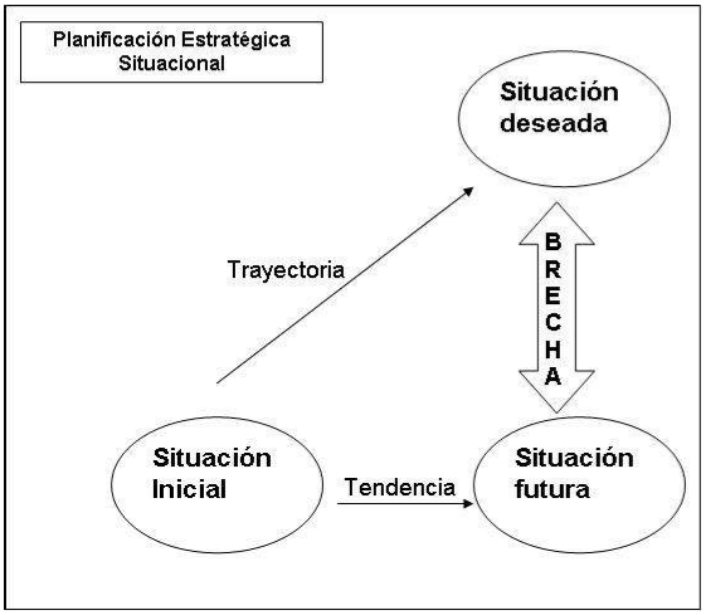



**FIGURA 13.3-1**
**ESQUEMA BÁSICO PROCESO DE PLANIFICACIÓN SITUACIONAL**

Fuente: Bracesco, 2004.

## 13.4. Análisis Territorial

### 13.4.1. Territorio Lasana – Chiu-Chiu

En primer lugar, se presenta en el Cuadro 13.4.1-1 la comparación entre la situación actual, obtenida del diagnóstico, las brechas identificadas, y la situación futura esperada para el territorio, la que se obtuvo de un trabajo grupal del Equipo Consultor, utilizando como insumos las entrevistas, visitas a terreno, resultados de análisis realizados y otros antecedentes obtenidos durante el trabajo de terreno. En el cuadro se incluyen también las líneas de acción propuestas.

Se presenta en las Fotografías 14.4.1-1 y 14.4.1-2, imágenes de las actividades de participación ciudadana donde se recabó información primaria para desarrollar el diagnóstico a nivel local para la identificación específica de la problemática agrícola actual y las posibles soluciones, tanto en Lasana como en Chiu.

Posteriormente se presenta en la Figura 13.4.1-3 el árbol de problemas y en la Figura 13.4.1-4 el árbol de soluciones.

El problema central que se ha determinado en el análisis mediante la metodología del árbol de problemas ha sido el “Deterioro de la Actividad Agrícola”. Al respecto, se han analizado algunos de los principales efectos de este problema, los que están entrelazados entre

si. La pérdida del patrimonio cultural, asociado a la agricultura y la ganadería como una manifestación de la cultura de los pueblos atacameños de Lasana y de Chiu Chiu. La baja rentabilidad agrícola, asociada al deterioro de la actividad, ha generado una desmotivación en los agricultores, los que ven cada vez menos retorno monetario y al mismo tiempo un aumento en los costos a raíz del aumento en el valor de la mano de obra y de los insumos. Esa desmotivación, junto con nuevas expectativas económicas en los rubros de la minería y los servicios (entre otros factores), han provocado que las nuevas generaciones no se hayan involucrado mayormente en la agricultura. Otro efecto provocado por el deterioro de la actividad agrícola tiene que ver con la disminución de la seguridad alimentaria por medio de productos locales.

Las causas del problema se han disociado para una mejor descripción, sin embargo, ellas están estrechamente relacionados.

La falta de manejo integrado de los recursos hídricos, en conjunto con un insuficiente apoyo técnico y financiero de las agencias públicas y privadas, tiene su raíz en una descoordinación y falta de información en relación a la administración del tranque Conchi, sumada a una insuficiente cooperación entre agricultores. Esto último dificulta la puesta en venta de los productos agrícolas y la obtención de mejores precios en los insumos, además de mayores facilidades en el acceso a la tecnología.

La disminución de los rendimientos y de la calidad de la producción, origina restricciones a la comercialización de los productos, lo que está vinculado a varias causas, como un inadecuado manejo de los cultivos, a un alto nivel de ciertos parámetros de calidad de aguas, a una creciente escasez de agua que afecta en la frecuencia del riego, haciéndolo cada vez más espaciado, provocan un deterioro de los suelos y grandes limitaciones a la diversificación de la estructura de cultivos. Debido a estas mismas causas, existen ciertas restricciones a la eficiencia hídrica, ya que no es factible utilizar todo tipo de tecnologías que aumenten esta eficiencia.

La actividad también se ha visto deteriorada debido a la presencia de plagas como la alternaría y la mostaza negra, las que se han ido instalando en el territorio, dificultando aún más el desarrollo de la agricultura.

Todo lo anterior, en adición a la disminución de la oferta de agua, ha llevado a una disminución de la superficie agrícola.

Como puede verse en el árbol de soluciones, la idea central queda resumida en “Desarrollo de la Actividad Agropecuaria”, en contraposición al principal problema expuesto en el árbol de problemas “Deterioro de la actividad agropecuaria”.

Idealmente, el riego debe ser potenciado por un aumento en la disponibilidad hídrica, la cual puede obtenerse por la vía legal (esclarecimiento de los derechos de aprovechamiento de agua), o por la vía de mejorar la infraestructura de riego (eficiencia, acumulación, etc.). Una mejora en la frecuencia de riego mejora los suelos, aumenta la seguridad de riego, y permite optar a un manejo que rectifique los suelos por la vía de las medidas de tratamiento.

Por su parte, si se mejora la calidad de las aguas, eso se suma y potencia aún más los beneficios antes mencionados, pudiendo finalmente derivar en un incremento de los rendimientos de los cultivos y una mejor calidad de producción. Esto se verá aún más favorecido si se incluye un programa de control de plagas como la alternaría y la mostaza negra. Por otro lado, deben mejorarse las interacciones entre actores públicos, privados y de la sociedad civil, ya que ello facilitaría el Manejo Integrado de Recursos Hídricos, y eso mismo favorecería el desarrollo de la actividad agropecuaria.

Todos los elementos anteriores, actuando de manera sinérgica, contribuyen en distinta medida al Desarrollo de la actividad Agropecuaria, lo que traería como consecuencia sucesiva, beneficios mayores tales como la mantención de la actividad ganadera, la preservación del patrimonio cultural (asociado a la actividad), aumento de la rentabilidad agrícola, recambio generacional en la agricultura, y un aumento de la seguridad alimentaria en los productores locales.

Integrando las situaciones futuras, se preparó una imagen objetivo para cada territorio:

*"La agricultura de Lasana cuenta con una infraestructura de riego capaz de enfrentar los eventos de crecidas y otorgar seguridad de riego a los agricultores. El desarrollo de la actividad se ve también favorecido por la implementación de formas de manejo nuevas o mejoradas que, sustentadas por un apoyo técnico constante, suponen un aumento en la calidad y en el rendimiento agrícola, el que también se ve estimulado gracias a leves mejoras en la calidad de las aguas".*

*"La agricultura de Chiu Chiu ve potenciada su orientación comercial gracias a inversiones en infraestructura de riego y a mejoras en la calidad de las aguas (plantas de tratamiento locales) y el suelo, permitiendo con ello un mejor rendimiento y calidad de los cultivos, tanto tradicionales como aquellos que puedan ser incorporados a la estructura de productivo. Los agricultores y comunidades cuentan con la capacitación necesaria para sustentar la innovación agrícola, la que se presenta tanto a través de plantas de tratamiento, como también en modificaciones en las prácticas agrícolas. Se aprovechan eficientemente las diversas ventajas comparativas con las que cuenta el territorio (saber hacer, localización, disponibilidad energética) para consolidar una agricultura que estimula el desarrollo local".*

**FOTOGRAFÍA 13.4.1-1**
**FOTOGRAFÍAS REUNIÓN COMUNIDAD ATACAMEÑA DE LASANA**

Fuente: Equipo Consultor

**FOTOGRAFÍA 13.4.1-2**
**FOTOGRAFÍAS REUNIÓN ASOCIACIÓN DE REGANTES DE CHIU CHIU**

Fuente: Equipo Consultor

**CUADRO 13.4.1-1**
**RESULTADOS ANÁLISIS TERRITORIAL**

| Ámbito | Situación Actual | Brechas | Situación Esperada | Líneas de Acción |
|---|---|---|---|---|
| **Lasana** | | | | |
| Calidad de aguas para riego | El parámetro CE si bien se presenta en el último tramo de la NCh 1.333, los valores son cercanos al 3er tramo de calidad. La norma de riego para boro se supera entre 5 y 10 veces. | Implementar acciones que permitan obtener indicadores de CE para obtener agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita de métodos de manejo cuidadosos (3er tramo CE en NCh 1.333).<br>Asegurar el cumplimiento de la NCh 1.333 para Boro en las aguas de regadío. | Disminuye la CE y el boro, facilitando la diversificación de la matriz de cultivos.<br>El parámetro CE se encuentra en el tercer tramo de calidad de la norma Nch. 1.333 (1.500<c≤3.000 µmhos/cm), se mejora la calidad en determinados sectores, favoreciendo el rendimiento en los cultivos tradicionales.<br>Los Cloruros se encuentran bajo la Norma 1.333. | Implementar tratamiento de aguas a nivel intra y/o extra predial en sectores específicos del territorio. |
| | Los análisis de calidad de aguas son trimestrales o cuatrimestrales, en puntos de control que no representan a toda el área de estudio. | Aumento en la frecuencia de análisis de calidad de aguas y aumento en la cantidad de puntos de monitoreo. | La calidad del agua se monitorea mensualmente, en, al menos un punto de control (aguas arriba bocatomas Lasana). | Obtención de recursos para una mejora en el monitoreo de la calidad de las aguas en el área de estudio, idealmente con medición continua |
| Estado de los suelos agrícolas | 100% suelos agrícolas pH alcalino. 70% suelos agrícolas salinos y un 30% medianamente salinos. 40% son Salinos Sódicos. 80% suelos agrícolas bajos en materia orgánica Cationes de intercambio en desbalance, participación baja del Calcio, alta de Magnesio y mayor al umbral de tolerancia en Sodio. 71,43% suelos con porcentaje de sodio intercambiable hasta más de dos veces la norma. Microelementos: 100% de los suelos supera la norma en Hierro, Manganeso y Cobre, 80% presenta déficit de Zinc (principal deficiencia, acentuada por pH alcalino) y 90% presenta niveles de Boro sobre la norma. 20% de puntos muestreados sobrepasan la norma en Arsénico (más de 2 veces). Desbalance en la relación de K/Ca + Mg que incide en la nutrición de los cultivos. 50% de los puntos muestreados sobre la norma de Cloruros. 100% de los puntos de muestreo superan el valor de referencia para Boro soluble. Baja retención de humedad aprovechable por su textura y su alto porcentaje de arena presente. | Bajo el contexto de la gestión de proyectos que logren mayor seguridad de riego y una mejora parcial de calidad del agua que justifiquen en alguna medida formular un plan de mejoramiento de suelos; se requiere de apoyo institucional en aspectos técnicos y económicos para implementar un plan integrado de manejo, mejoramiento y conservación de suelos con un enfoque agroproductivo. | El nuevo contexto de seguridad de riego y la posibilidad de optar a mejor calidad de aguas en algunos sectores, permiten obtener una condición físico química parcialmente rectificada en los suelos respecto de Situación Actual, en aquellos parámetros que en se presentan como restrictivos para el desarrollo agrícola de especies con potencial de adaptación agroclimática. El nivel de rectificación llega al potencialmente factible de alcanzar con la calidad de agua y seguridad de riego disponible según sector. | Plan integrado de medidas que considera, según cada caso:<br>a) Tratamiento Lavado de Suelos<br>b) Subsolado y mejoramiento de drenaje<br>c) Tratamiento de Enmiendas Cálcicas y de Azufre<br>d) Tratamiento de Incorporación de Materia Orgánica Estabilizada e) Manejo y Tecnificación del Riego<br>f) Prevención y Control de Fito-patógenos y Malezas<br>g) Rectificación y Control de Fertilidad de Suelos<br>h) Fitoremediación de Suelos |
| Disponibilidad hídrica | Se estima un caudal medio disponible de 0,56 m³/s en el río Loa antes de la zona de riego de Lasana, lo que en términos de satisfacción de la demanda implica una satisfacción promedio del 86,7%, y una seguridad de riego del 0%. Los meses de mayor déficit van de septiembre a febrero, alcanzando una cobertura del 74% en dicho período, con un déficit promedio de 0,02 m³/s en dichos meses. En resumen, no existe seguridad de riego, pero el déficit de riego es relativamente bajo. | Baja disponibilidad de recurso hídrico desde el punto de vista físico, y desde el punto de vista legal, es incierto. | Se alcanza una seguridad de riego del 85% sin disminuir la superficie regada, lo que en términos de cantidad implicó aumentar el caudal disponible en el río mediante la optimización del funcionamiento del Embalse Conchi y/o aumentar la eficiencia en los meses de primavera y verano. | Mejorar la eficiencia de conducción de los canales<br>Si se mejora la calidad de las aguas, se pueden mejorar los métodos de riego intraprediales.<br>Optimizar la operación del Embalse Conchi, para satisfacer de mejor manera las demandas de riego. |

**CUADRO 13.4.1-1 (CONTINUACION)**
**RESULTADOS ANÁLISIS TERRITORIAL**

| Ámbito | Situación Actual | Brechas | Situación Esperada | Líneas de Acción |
|---|---|---|---|---|
| **Lasana** | | | | |
| Producción agrícola | La actividad agrícola se orienta principalmente a la producción y comercialización de una variedad acotada de hortalizas tolerantes a la calidad de agua y suelos presente (zanahoria, betarraga, lechuga, acelga, espinaca, cilantro, cebollín), además de los cultivos tradicionales alfalfa y maíz choclo. Agricultura como actividad económica principal, complementada con otras. Comercialización de productos amenazada por mala calidad de agua de riego, por lo que debiera representar un área prioritaria el mejoramiento de ésta. | Bajo el contexto de proyectos que disminuyan parcialmente en algunos sectores los actuales niveles de CE, Arsénico y Boro y mejoren la seguridad de riego, y de contar con suelos parcialmente tratados físico químicamente para la agricultura; se requiere apoyo institucional en aspectos técnicos y económicos para implementar, donde se den las condiciones, una horticultura intensiva, asociada a tecnologización de manejo y del riego y que apunte a mejorar los estándares actuales de calidad hortícola. | Se obtiene un patrón de rendimientos unitarios parcialmente aumentado, asociado a mayor calidad del producto en los cultivos de Situación Actual, logrando así mejores condiciones de comercialización (hortalizas). La mayor seguridad de riego, la rectificación de suelos y las mejoras en calidad de agua permiten diversificar la matriz de cultivos, incorporándose nuevas especies con potencial productivo y comercial, bajo un contexto tecnológico que incorpora de forma importante la tecnificación. | Desarrollo de investigación y ensayo en nuevos cultivos y variedades para el sector, implementando un plan intensivo de capacitación y apoyo crediticio a agricultores que reúnan las condiciones para la adopción de nuevas alternativas de cultivos (hortalizas) con potencial comercial y de nuevas tecnologías de manejo agrícola y de riego (invernaderos asociados a tecnificación). |
| Infraestructura de riego | Canal Pona tiene un desnivel en sector final del canal, provocando problemas en el abastecimiento de este sector. | Mejorar la infraestructura del canal para solucionar problema de desnivel. | Se mejoran las bocatomas, evitando su embancamiento durante las crecidas. Se mejora la infraestructura de los canales. Se estudia el manejo de la quebrada ubicada antes de la primera bocatoma. | Programa de obras civiles para el mejoramiento de los tramos en malas condiciones. |
| | Los principales problemas se encuentran en las bocatomas, las que se embancan o quedan “colgadas” en el periodo de crecidas altiplánicas. Este problema afecta precisamente el periodo con mayor demanda de riego. Los canales mayormente afectados son San Antonio y Buen Retiro. También canal Los Perales. | Realizar un plan de manejo del cauce en el sector aguas arriba de las bocatomas mencionadas. | Se reduce el embancamiento en periodo de crecidas altiplánicas por medio de obras y manejo del cauce. | Diagnóstico y elaboración de un plan de manejo de cauces. |
| **Chiu Chiu** | | | | |
| Calidad de aguas para riego | El parámetro CE si bien se presenta en el último tramo de la NCh 1.333, los valores son cercanos al 3er tramo de calidad. La norma de riego para boro se supera entre 5 y 10 veces. Este sector es un importante centro de producción hortalicera. Existen limitaciones para la producción de cultivos sensibles a la salinidad y el boro. Por la importancia en la producción agrícola del sector, debiera representar un área prioritaria para el mejoramiento de la calidad del agua. | Implementar acciones que permitan obtener indicadores de CE para obtener agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita de métodos de manejo cuidadosos (3er tramo CE en NCh 1.333).<br>Asegurar el cumplimiento de la NCh 1.333 para Arsénico, Boro y Cloruro en las aguas de regadío. | Disminuye la CE, el boro, el arsénico y los Cloruros, facilitando la diversificación de la matriz de cultivos.<br>El parámetro CE se encuentra en el tercer tramo de calidad de la norma Nch. 1.333 (1.500<c≤3.000 µmhos/cm), se mejora la calidad en determinados sectores, favoreciendo el rendimiento en los cultivos tradicionales. Los Cloruros se encuentran bajo la Norma 1.333. | Implementar tratamiento de aguas a nivel intra y/o extra predial. |
| | | | | Optimizar el manejo del Embalse Conchi con el fin de mejorar la calidad de aguas del Río Loa. |
| | Los análisis de calidad de aguas son trimestrales o cuatrimestrales, en puntos de control que no representan a toda el área de estudio. | Aumento en la frecuencia de análisis de calidad de aguas y aumento en la cantidad de puntos de monitoreo. | La calidad del agua se monitorea mensualmente, en, al menos, 1 punto de control (aguas arriba bocatomas Chiu Chiu). | Obtención de recursos para una mejora en el monitoreo de la calidad de las aguas en el área de estudio, idealmente con medición continua |

**CUADRO 13.4.1-1 (CONTINUACION)**
**RESULTADOS ANÁLISIS TERRITORIAL**

| Ámbito | Situación Actual | Brechas | Situación Esperada | Líneas de Acción |
|---|---|---|---|---|
| Chiu Chiu | | | | |
| Estado de los suelos agrícolas | 100% suelos agrícolas presentan pH alcalino. 34% suelos agrícolas son no salinos y un 53% ligeramente salinos. Bajos problemas de sodicidad. 60% suelos agrícolas presentan concentraciones bajas de M.O. Cationes de intercambio en desbalance, participación baja del Calcio, alta de Magnesio y de Sodio en el umbral límite. 50% de puntos muestreados supera norma en Sodio intercambiable. 60% de puntos analizados presentan concentraciones altas de Hierro y el 40% concentraciones medias, no disponibles por pH alcalino. 100% de los puntos supera norma en Manganeso y Cobre. 73% se encuentra entre Bajo y Medio en Zinc. 100% supera la norma en Boro, hasta en 12 veces. 46,6% de los puntos muestreados superan el valor de referencia en Arsénico, hasta 1,2 veces. Desbalance en la relación de K/Ca + Mg que incide en la nutrición de los cultivos. Niveles bajos de Sodio y Cloruros. 100% de los puntos superan norma para Boro soluble. Suelos con baja retención de humedad aprovechable determinado por su textura, alta porosidad y su alto porcentaje de arena. | Bajo el contexto de la gestión de proyectos que logren una calidad del agua de riego mejorada en cuanto a los actuales niveles de CE, Arsénico y Boro y mejoren la seguridad de riego, como base para formular un plan de mejoramiento de suelos, se requiere de apoyo institucional en aspectos técnicos y económicos para implementar un plan integrado de manejo, mejoramiento y conservación de suelos con un enfoque agroproductivo. | El nuevo contexto de seguridad de riego y la posibilidad de optar a plantas de tratamiento de aguas, permiten obtener una condición físico química rectificada satisfactoria en los suelos respecto de Situación Actual, en aquellos parámetros que en se presentan como restrictivos para el desarrollo agrícola de especies con potencial de adaptación agroclimática. El nivel de rectificación factible de obtener es mayor al alcanzado en otros sectores, dada la calidad de agua y seguridad de riego obtenidas. | Plan integrado de medidas que considera, según cada caso:<br>a) Tratamiento Lavado de Suelos<br>b) Subsolado y mejoramiento de drenaje<br>c) Tratamiento de Enmiendas Cálcicas y de Azufre<br>d) Tratamiento de Incorporación de Materia Orgánica Estabilizada<br>e) Manejo y Tecnificación del Riego<br>f) Prevención y Control de Fito-patógenos y Malezas<br>g) Rectificación y Control de Fertilidad de Suelos<br>h) Fitoremediación de Suelos |
| Disponibilidad hídrica | Se estima un caudal medio disponible de 0,52 m³/s en el río Loa antes de la zona de riego de Chiu Chiu, lo que en términos de satisfacción de la demanda implica una satisfacción promedio del 86,6%, y una seguridad de riego del 0%. Los meses de mayor déficit van de septiembre a febrero, alcanzando una cobertura del 74% en dicho período, con un déficit promedio de 0,123 m³/s en dichos meses. En resumen, no existe seguridad de riego, y el déficit de riego es medio. | Baja disponibilidad de recurso hídrico desde el punto de vista físico, y desde el punto de vista legal, es incierto. | Se alcanza una seguridad de riego del 85% sin disminuir la superficie regada, lo que en términos de cantidad implicó aumentar el caudal disponible en el río y/o aumentar la eficiencia en los meses de primavera y verano. | Mejorar la eficiencia de conducción de los canales.<br>Si se mejora la calidad de las aguas, se pueden mejorar los métodos de riego intraprediales.<br>Optimizar la operación del Embalse Conchi, para satisfacer de mejor manera las demandas de riego. |
| Infraestructura de riego | En general los canales en esta zona se encuentran en buen estado. Los principales problemas se encuentran en las bocatomas, las que se embancan e inundan en el periodo de crecidas altiplánicas.<br>Particularmente, el canal del Pueblo, mantiene desniveles en sus primeros tramos y posteriormente pasado el Pueblo de Chiu Chiu (Tramo Final) vuelve a presentar desniveles que provocan embancamientos e inundaciones.<br>Por su parte, el Canal Grande desde el Km 1.075 aproximadamente, se encuentra bajo presión por el camino Chiu Chiu – Lasana, el cual mantiene un recorrido prácticamente paralelo sobre este canal (4 Km aproximadamente). Esta situación ha promovido derrumbes en ciertos tramos de canal y deformaciones del mismo. | Mejorar la infraestructura del canal para solucionar problema de desnivel, embancamiento y presiones del medio. | Bocatomas con mayor altura para evitar inundación y disminuir embancamiento en primeros tramos.<br>Canales mejorados (revestidos o entubados según la necesidad) en tramos con desniveles y con alta presión del medio (paralelos a camino). | Programa de obras civiles para el mejoramiento de los tramos y bocatomas en malas condiciones. |

Fuente: Elaboración propia.

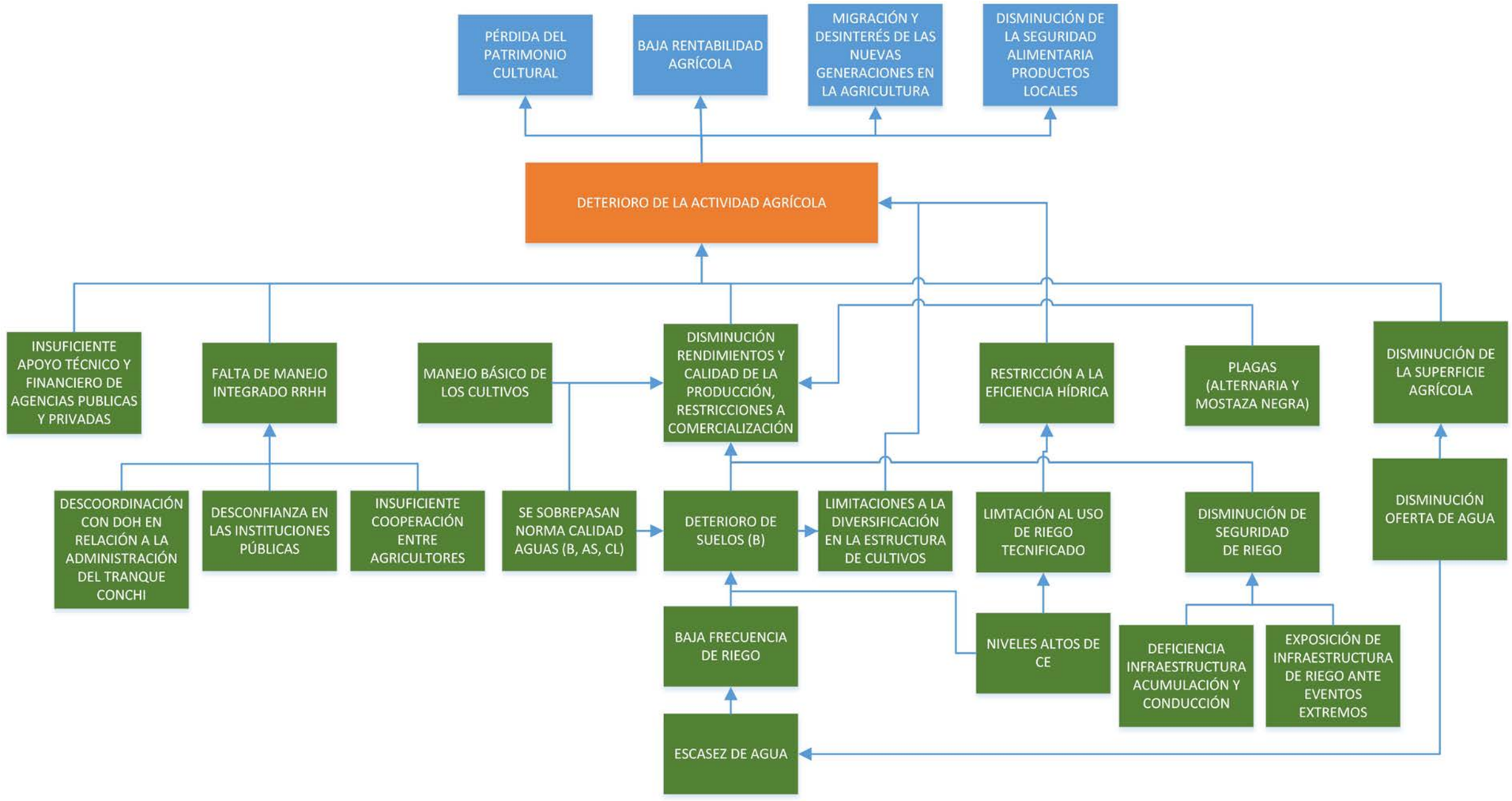



**FIGURA 13.4.1-3**
**ÁRBOL DE PROBLEMAS LASANA – CHIU-CHIU**

Fuente: Elaboración propia.

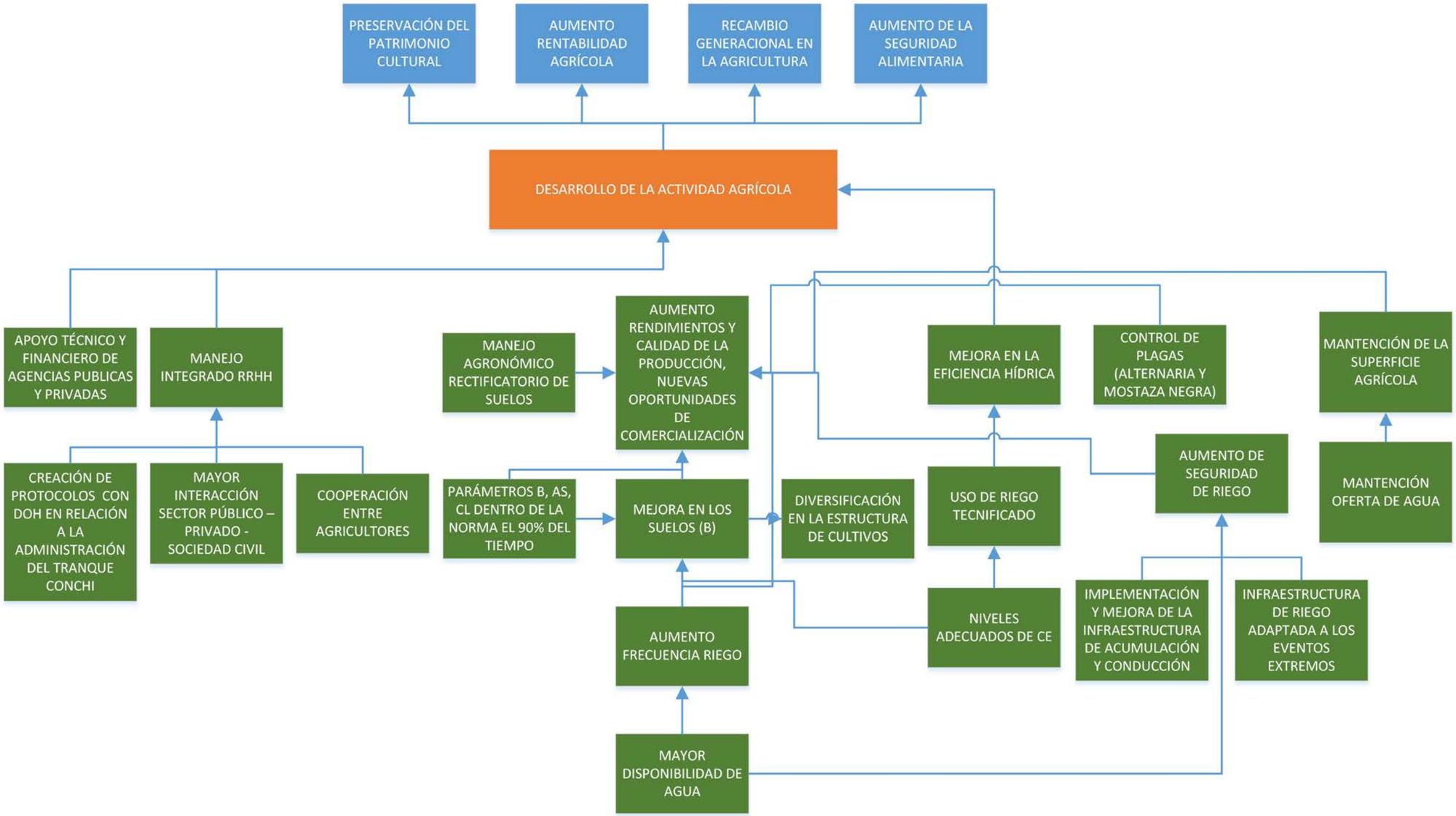



**FIGURA 13.4.1-4**
**ÁRBOL DE SOLUCIONES LASANA - CHIU-CHIU**

Fuente: Elaboración propia.

13.4.2. Territorio Ayquina – Turi – Paniri

En el Cuadro 13.4.2-1 se muestra la comparación entre la situación actual, obtenida del diagnóstico, y la situación futura esperada para el territorio, la que se obtuvo de un trabajo grupal del Equipo Consultor, además de entrevistas y otros antecedentes obtenidos durante el trabajo de terreno.

Se presentan en las Fotografía 13.4.2-1 y 3.4.2-2, imágenes de las actividades de participación ciudadana donde se recabó información primaria para desarrollar el diagnóstico a nivel local para la identificación específica de la problemática agrícola actual y las posibles soluciones para las comunidades de Ayquina, Turi y Paniri. Posteriormente se presenta en la Figura 13.4.2-1 el árbol de problemas y en la Figura 13.4.2-2 el árbol de soluciones.

**FOTOGRAFÍA 13.4.2-1**
**FOTOGRAFÍA REUNIÓN DIRECTIVA COMUNIDAD ATACAMEÑA DE AYQUINA-TURI-PANIRI**

Fuente: Equipo Consultor

**FOTOGRAFÍA 13.4.2-2**
**FOTOGRAFÍAS PRESENTACIÓN ANTE COMUNIDAD ATACAMEÑA DE AYQUINA-TURI-PANIRI**

Fuente: Equipo Consultor

**CUADRO 13.4.2-1**
**RESULTADOS ANÁLISIS TERRITORIAL**

| Ámbito | Situación Actual | Brechas | Situación Esperada | Líneas de Acción |
|---|---|---|---|---|
| **Ayquina** | | | | |
| Calidad de aguas para riego | Tanto en el sector regado, como en la vertiente Chañaral, la CE se clasifica como agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita de métodos de manejo cuidadosos (3er tramo de calidad de la norma Nch. 1.333, 1.500<c≤3.000 µmhos/cm). Las aguas del río Salado en ese sector superan la norma, por lo que no es factible el riego con las aguas de éste. Para el agua de riego, la norma se supera para arsénico, boro, cloruros y sodio porcentual, en todos los casos entre 0 y 5 veces. | Implementar acciones que permitan obtener indicadores de CE para obtener agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita de métodos de manejo cuidadosos (3er tramo CE en NCh 1.333).<br>Asegurar el cumplimiento de la NCh 1.333 para arsénico, boro, cloruros y sodio porcentual en las aguas de regadío. | La calidad del agua de vertientes mejora para los parámetros sobrepasados en la norma de riego, a través de la implementación de medidas de tratamiento de pequeña escala. | Implementar medidas de tratamiento de aguas a nivel intra o extra predial. |
| | Los análisis de calidad de aguas son trimestrales o cuatrimestrales, en puntos de control que no representan a toda el área de estudio. | Aumento en la frecuencia de análisis de calidad de aguas y aumento en la cantidad de puntos de monitoreo. | La calidad del agua se monitorea mensualmente, en, al menos, 2 puntos de control (Río Salado aguas arriba Ayquina, vertiente proyecto). | Obtención de recursos para una mejora en el monitoreo de la calidad de las aguas en el área de estudio. |
| Estado de los suelos agrícolas | 100% suelos agrícolas de Ayquina presentan pH alcalino. 100% suelos ligeramente salinos. 80% suelos bajos en M.O. 35% suelos con carencia de Magnesio y 90% con baja CIC. 70% suelos sobre la norma en PSI. Niveles altos de Hierro, no disponibles por pH alcalino. 100% puntos analizados sobre la norma de Mn. Niveles normales de Zinc, no disponibles por pH alcalino (principal deficiencia). 100% puntos sobre la norma de Cu. Altos niveles de Boro, hasta 30 veces la norma. 36% puntos superan norma en arsénico hasta en 4 veces. 16% suelos son sódicos no salinos. Los niveles mayores de salinidad, sodicidad y cloruros están en suelos “no agrícolas” muestreados. Desbalance en la relación de K/Ca + Mg que incide en la nutrición de los cultivos. Altos niveles de Boro soluble, hasta 7 veces la norma. Texturas Franco Arenosas, con baja retención de humedad. | Bajo el contexto de la gestión de proyectos que logren mayor seguridad de riego y una mejora parcial de calidad del agua que justifiquen en alguna medida formular un plan de mejoramiento de suelos; se requiere de apoyo institucional en aspectos técnicos y económicos para implementar un plan integrado de manejo, mejoramiento y conservación de suelos con un enfoque agroproductivo. | Producto del mejoramiento en calidad de aguas y de la incorporación de la vertiente Chañaral al riego, se logra una condición físico química rectificada de los suelos regados, en aquellos parámetros que en Situación Actual se presentan como restrictivos para el desarrollo agrícola de especies con potencial de adaptación agroclimática. El nivel de rectificación llega al potencialmente factible de alcanzar con la calidad de agua y seguridad de riego disponible. | Plan integrado de medidas que considera, según cada caso:<br>a) Tratamiento Lavado de Suelos<br>b) Subsolado y mejoramiento de drenaje<br>c) Tratamiento de Enmiendas Cálcicas y de Azufre<br>d) Tratamiento de Incorporación de Materia Orgánica Estabilizada<br>e) Manejo y Tecnificación del Riego<br>f) Prevención y Control de Fito-patógenos y Malezas<br>g) Rectificación y Control de Fertilidad de Suelos<br>h) Programas de Control de Erosión complementario a Obras Civiles. |
| | Pérdida de suelos de las terrazas de riego, debido a las crecidas del río Salado. | | Se implementan obras de protección de riberas, protegiendo los suelos aledaños al cauce. | |
| Disponibilidad hídrica | Actualmente regado con recursos provenientes de vertientes en cantidades no determinadas. La satisfacción de la demanda y la seguridad de riego tampoco están determinadas cuantitativamente. | Desconocida disponibilidad de recurso hídrico desde el punto de vista físico, y desde el punto de vista legal, también es incierto. | Se conoce la oferta hídrica proveniente de las vertientes, lo que permitió conocer la satisfacción de la demanda y la seguridad de riego. Se alcanza una seguridad de riego del 85% para la superficie regada, sin disminuir la misma. | Realizar estudios y/o mediciones en terreno con el fin de conocer la real oferta hídrica natural. |
| | | | | Dimensionar la superficie óptima 85% segura, dada la oferta hídrica conocida. |
| | | | | Mejorar eficiencia de conducción en canales |
| | | | | Si se mejora la calidad de las aguas, se puede mejorar la eficiencia en métodos de riego intraprediales, siempre que los nuevos métodos sean compatibles con el concepto de agricultura ancestral desarrollada en la zona. |
| | Hay 13 vertientes que actualmente no tienen un uso y son un aporte al río Salado. | Encontrar mecanismos para aprovechar el agua de la vertiente Chañaral. | Construcción proyecto de aprovechamiento del agua de la vertiente Chañaral para su uso en riego y agua potable. | Programa de obras civiles para construcción de proyecto de aprovechamiento. |

**CUADRO 13.4.2-1 (CONTINUACIÓN)**
**RESULTADOS ANÁLISIS TERRITORIAL**

| Ámbito | Situación Actual | Brechas | Situación Esperada | Líneas de Acción |
|---|---|---|---|---|
| **Ayquina** | | | | |
| Producción agrícola | Agricultura basada en la producción de alfalfa, habas, papas y ganadería caprina, ovina y auquénida asociada a grandes extensiones de pradera natural. Fuerte limitación climática (vientos y baja temperatura) con orientación hacia el autoconsumo y al comercio informal local. | Bajo el contexto de proyectos que disminuyan principalmente los actuales niveles de Arsénico y Boro y mejoren la seguridad de riego, y de contar con suelos parcialmente tratados físico químicamente para la agricultura; se requiere apoyo institucional en aspectos técnicos y económicos para fortalecer el sistema productivo atacameño, enfocado a mejorar los estándares actuales de rendimiento y calidad así de un enfoque parcial a la comercialización fuera del autoconsumo. | Situación de desarrollo agrícola en la que se expresa de mejor forma el potencial de adaptación agroclimática de aquellas especies y variedades prioritarias para el autoconsumo y comercio local de las comunidades Atacameñas presentes, posibilitando a su vez, la expansión parcial de zonas de cultivo, dado el aumento de seguridad de riego. | Desarrollo de investigación y ensayo en nuevos cultivos y variedades para el sector, implementando un plan intensivo de capacitación y apoyo crediticio a agricultores para la adopción de nuevas alternativas de cultivos con potencial comercial y de nuevas tecnologías de manejo agrícola y de riego. |
| Infraestructura de riego | Canales en buen estado, de mampostería. Existen canales y estanque abandonados en zona agrícola en desuso. Las entregas prediales en general se encuentran en mal estado. | Faltan obras civiles adecuadas a nivel de entregas prediales | Mejoramiento de las entregas prediales. | Programa de obras civiles para las entregas prediales. |
| **Turi** | | | | |
| Calidad de aguas para riego | En la vertiente estudiada en Turi la CE se clasifica como agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita de métodos de manejo cuidadosos (3er tramo de calidad de la norma Nch. 1.333, 1.500<c≤3.000 µmhos/cm). Para el agua de riego, la norma se supera en el caso del arsénico más de 5 veces, para el boro, cloruros y sodio porcentual, se supera entre 0 y 5 veces. | Implementar acciones que permitan obtener indicadores de CE para obtener agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita de métodos de manejo cuidadosos (3er tramo CE en NCh 1.333).<br>Asegurar el cumplimiento de la NCh 1.333 para arsénico, boro y cloruro en las aguas de regadío. | Se mejora el cumplimiento de la norma, cumpliéndose en el 90% del tiempo. | Implementar medidas de tratamiento de aguas a nivel intra o extrapredial. |
| | Los análisis de calidad de aguas son trimestrales o cuatrimestrales, en puntos de control que no representan a toda el área de estudio. | Aumento en la frecuencia de análisis de calidad de aguas y aumento en la cantidad de puntos de monitoreo. | La calidad del agua se monitorea mensualmente, en, al menos, un punto de control (vertiente Turi). | Obtención de recursos para una mejora en el monitoreo de la calidad de las aguas en el área de estudio. |
| Estado de los suelos agrícolas | 100% suelos agrícolas presentan pH alcalino. 100% suelos no salinos y no sódicos. 100% suelos normales en M.O. Suelos con nivel medio a bajo de CIC. PSI bajo la norma (10%). Niveles altos de Hierro, no disponibles por pH alcalino. 100% puntos analizados sobre la norma de Mn. Niveles normales de Zinc, no disponibles por pH alcalino (principal deficiencia). 100% puntos superan norma de Cu. Altos niveles de Boro, hasta 17 veces la norma. Niveles de Arsénico bajo la norma. Los niveles altos en salinidad, sodicidad y cloruros están en suelos no agrícolas. Desbalance en la relación de K/Ca + Mg que incide en la nutrición de los cultivos. Altos niveles de Boro soluble, hasta 7 veces la norma. | Bajo el contexto de la gestión de proyectos que logren mayor seguridad de riego y una mejora parcial de calidad del agua que justifiquen en alguna medida formular un plan de mejoramiento de suelos; se requiere de apoyo institucional en aspectos técnicos y económicos para implementar un plan integrado de manejo, mejoramiento y conservación de suelos con un enfoque agroproductivo. | En función de las mejoras en calidad de aguas y seguridad de riego, se logra una condición físico química rectificada de los suelos, en aquellos parámetros que en Situación Actual se presentan como restrictivos para el desarrollo agrícola de especies con potencial de adaptación agroclimática. El nivel de rectificación llega al potencialmente factible de alcanzar con la calidad de agua y seguridad de riego disponible. | Plan integrado de medidas que considera, según cada caso:<br>a) Tratamiento Lavado de Suelos<br>b) Subsolado y mejoramiento de drenaje<br>c) Tratamiento de Enmiendas Cálcicas y de Azufre<br>d) Tratamiento de Incorporación de Materia Orgánica Estabilizada<br>e) Manejo y Tecnificación del Riego<br>f) Prevención y Control de Fito-patógenos y Malezas<br>g) Rectificación y Control de Fertilidad de Suelos |

**CUADRO 13.4.2-1 (CONTINUACIÓN)**
**RESULTADOS ANÁLISIS TERRITORIAL**

| Ámbito | Situación Actual | Brechas | Situación Esperada | Líneas de Acción |
|---|---|---|---|---|
| **Turi** | | | | |
| Disponibilidad hídrica | Actualmente regado con recursos provenientes de vegas en cantidades no determinadas. La satisfacción de la demanda y la seguridad de riego tampoco están determinada cuantitativamente. Existen problemas de manejo intrapredial debido a la plaga de "chululos", que provoca una disminución de la retención del agua en las eras. | Desconocida disponibilidad de recurso hídrico desde el punto de vista físico, y desde el punto de vista legal, también es incierto. | Se conoce la oferta hídrica proveniente de las vertientes, lo que permite conocer la satisfacción de la demanda y la seguridad de riego. Se alcanza una seguridad del 85%. | Realizar estudios y/o mediciones en terreno con el fin de conocer la real oferta hídrica natural.<br>Dimensionar la superficie óptima 85% segura, dada la oferta hídrica conocida.<br>Mejorar eficiencia de conducción en canales<br>Si se mejora la calidad de las aguas, se puede mejorar la eficiencia en métodos de riego intraprediales, siempre que los nuevos métodos sean compatibles con el concepto de agricultura ancestral desarrollada en la zona.<br>Coordinación con SAG el control y manejo de la plaga de Chululos. |
| Producción agrícola | Agricultura basada en la producción hortícola de habas, papa, lechuga y repollo y de cultivos tradicionales como alfalfa y maíz choclo, regando con agua de vertientes. Se asocia ganadería caprina, ovina y auquénida asociada a grandes extensiones de pradera natural aledañas al poblado. Orientación hacia el autoconsumo y al comercio informal local. | Bajo el contexto de proyectos que disminuyan parcialmente los actuales niveles de CE, Arsénico y Boro y mejoren la seguridad de riego, y de contar con suelos parcialmente tratados físico químicamente para la agricultura; se requiere apoyo institucional en aspectos técnicos y económicos para fortalecer el sistema productivo atacameño, enfocado a mejorar los estándares actuales de rendimiento y calidad, así como dar un enfoque parcial a la comercialización además del autoconsumo. | Situación de desarrollo agrícola en la que se expresa de mejor manera el potencial de adaptación agroclimática de aquellas especies y variedades prioritarias para el autoconsumo y comercio local de las comunidades Atacameñas presentes, posibilitando la parcialmente expansión de zonas de cultivo, dada la mayor seguridad de riego. | Desarrollo de investigación y ensayo en nuevas variedades de cultivos tradicionales e incorporación de nuevas alternativas para el sector, implementando un plan intensivo de capacitación y apoyo crediticio a agricultores incorporando un enfoque comercial, introduciendo parcialmente nuevas tecnologías de manejo agrícola y de riego. |
| Infraestructura de riego | Primeros 180 m de canal Turi en mal estado. El canal Poma y Del Medio, se encuentran en estado regular. | Mejorar la infraestructura del canal para solucionar problema en sector en mal estado. | Mejoramiento de la infraestructura de canales. | Programa de obras civiles para el mejoramiento de los tramos en malas condiciones. |
| **Paniri** | | | | |
| Calidad de aguas para riego | Se tomaron dos muestras in situ, que por los valores de CE medidos dan cuenta de un agua con la cual generalmente no se observarán efectos perjudiciales según la Nch. 1333 (c<750 µmhos/cm) | No existe una brecha significativa | Se mantiene la calidad de aguas observada en la situación actual. | No se requieren. |
| | Los análisis de calidad de aguas son trimestrales o cuatrimestrales, en puntos de control que no representan a toda el área de estudio. | Aumento en la frecuencia de análisis de calidad de aguas y aumento en la cantidad de puntos de monitoreo. | La calidad del agua se monitorea trimestralmente, en, al menos, 2 puntos de control (vertiente Paniri 1 y vertiente Paniri 2). | Obtención de recursos para una mejora en el monitoreo de la calidad de las aguas en el área de estudio, idealmente en forma continua |

**CUADRO 13.4.2-1 (CONTINUACIÓN)**
**RESULTADOS ANÁLISIS TERRITORIAL**

| Ámbito | Situación Actual | Brechas | Situación Esperada | Líneas de Acción |
|---|---|---|---|---|
| **Paniri** | | | | |
| Estado de los suelos agrícolas | Muestra de suelo agrícola con pH alcalino. Suelo no salino y no sódico, nivel normal de M.O. Suelo con nivel medio a bajo de CIC. PSI bajo la norma. Nivel alto en Hierro, no disponible por pH alcalino. Se supera el umbral de referencia de Mn. Nivel normal de Zinc, no disponible por pH alcalino (principal deficiencia). Se superan el valor de referencia de Cu. Alto nivel de Boro, 1,5 veces la norma. Nivel de Arsénico bajo la norma. Desbalance en la relación de K/Ca + Mg que incide en la nutrición de los cultivos. Boro soluble bajo la norma. | Bajo el contexto de la gestión de proyectos que logren mayor seguridad de riego y una mejora parcial de calidad del agua que justifiquen en alguna medida formular un plan de mejoramiento de suelos; se requiere de apoyo institucional en aspectos técnicos y económicos para implementar un plan integrado de manejo, mejoramiento y conservación de suelos con un enfoque agroproductivo. | Dada la mayor seguridad de riego y la mejor calidad de suelos del área de estudio en Situación Actual, se posibilita la inversión en mejoramiento solo en aquellos parámetros que en Situación Actual se presentan como restrictivos para el desarrollo agrícola de especies con potencial de adaptación agroclimática. Dada la menor problemática asociada a los suelos, se facilita su mejoramiento. | Plan integrado de medidas que considera, según cada caso:<br>a) Tratamiento Lavado de Suelos<br>b) Subsolado y mejoramiento de drenaje<br>c) Tratamiento de Enmiendas Cálcicas y de Azufre<br>d) Tratamiento de Incorporación de Materia Orgánica Estabilizada<br>e) Manejo y Tecnificación del Riego<br>f) Prevención y Control de Fito-patógenos y Malezas<br>g) Rectificación y Control de Fertilidad de Suelos |
| Disponibilidad hídrica | Actualmente regado con recursos provenientes de vertientes en cantidades no determinadas. La satisfacción de la demanda y la seguridad de riego tampoco están determinadas cuantitativamente. | Desconocida disponibilidad de recurso hídrico desde el punto de vista físico, y desde el punto de vista legal, también es incierto. | Se conoce la oferta hídrica proveniente de las vertientes, lo que permite conocer la satisfacción de la demanda y la seguridad de riego. Se alcanza una seguridad del 85%. | Realizar estudios y/o mediciones en terreno con el fin de conocer la real oferta hídrica natural.<br>Dimensionar la superficie óptima 85% segura, dada la oferta hídrica conocida.<br>Mejorar eficiencia de conducción en canales<br>Mejorar eficiencia en métodos de riego intraprediales, siempre que los nuevos métodos sean compatibles con el concepto de agricultura ancestral desarrollada en la zona. |
| Producción agrícola | Producción hortícola en escasos y pequeños predios, de cebollas, tomate, lechuga, maíz choclo, flores, habas, repollo, alfalfa y frutales como, manzanos, perales y damascos, riego con agua de vertiente de buena calidad, solo orientada al autoconsumo y en muy pequeña escala. | Bajo el contexto de proyectos que mejoren la seguridad de riego y de contar con suelos parcialmente tratados físico químicamente para la agricultura; se requiere apoyo institucional en aspectos técnicos y económicos para fortalecer el sistema productivo atacameño, enfocado a mejorar los estándares actuales de rendimiento y calidad, así como dar un enfoque parcial a la comercialización además del autoconsumo. | Situación de desarrollo agrícola en la que se expresa de mejor manera el potencial de adaptación agroclimática de especies y variedades prioritarias para el autoconsumo y comercio local de las comunidades Atacameñas presentes, posibilitando a su vez la expansión parcial de zonas de cultivo, dado el aumento en seguridad de riego. | Desarrollo de investigación y ensayo en nuevos cultivos y variedades para el sector, implementando un plan intensivo de capacitación y apoyo crediticio a agricultores para la adopción de nuevas alternativas de cultivos con potencial comercial y de nuevas tecnologías de manejo agrícola y de riego. |
| Infraestructura de riego | En general la infraestructura se encuentra en buenas condiciones. | La brecha apunta hacia la mantención de las obras para evitar su deterioro. | Se debe efectuar un mantenimiento, para no perder la condición de la calidad de las obras. | Programa de mantención de obras de infraestructura. |

Fuente: Elaboración propia.

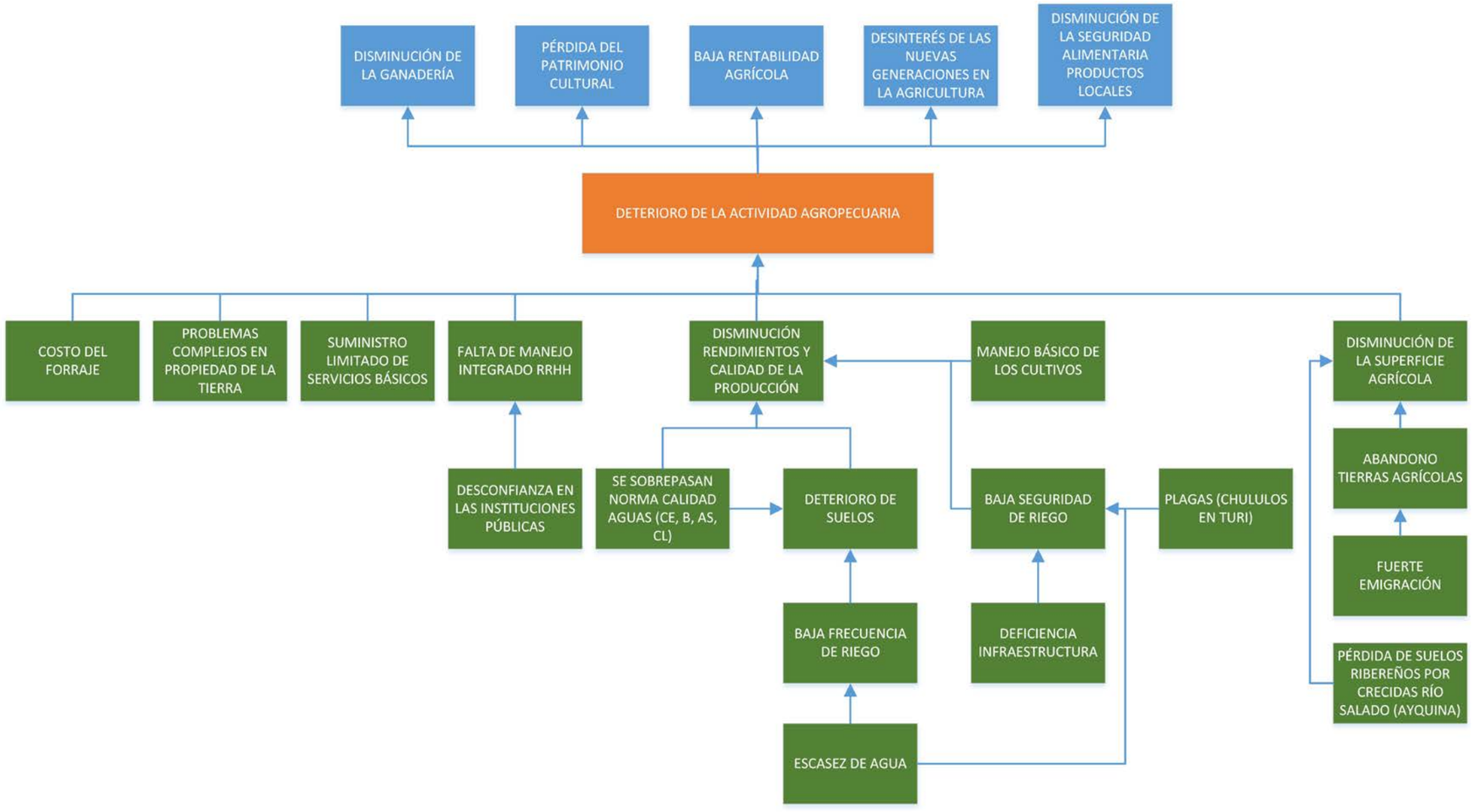



**FIGURA 13.4.2-1**
**ÁRBOL DE PROBLEMAS AYQUINA-TURI-PANIRI**

Fuente: Elaboración propia.

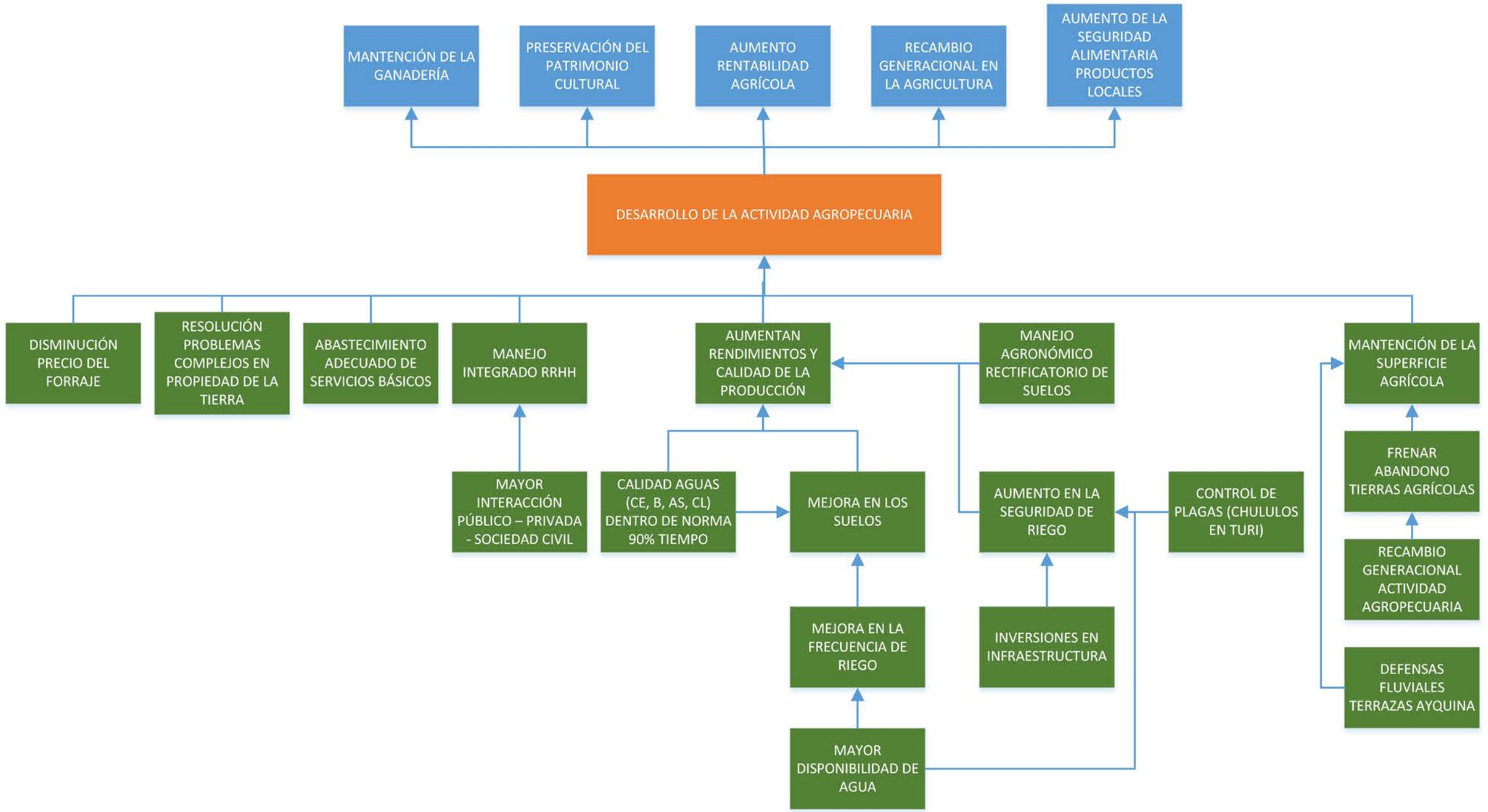



**FIGURA 13.4.2-2**
**ÁRBOL DE SOLUCIONES AYQUINA – PANIRI - TURI**

Fuente: Elaboración propia.

El problema central que se ha determinado en el análisis mediante la metodología del árbol de problemas ha sido el "Deterioro de la Actividad Agropecuaria". Aun siendo similar el análisis de efectos detectados en Lasana – Chiu Chiu, se adiciona una disminución de la ganadería, la que es atribuible a una disminución en la superficie de las praderas y a una causa indirecta, que es la inexistencia de un matadero de animales

Al respecto, se han analizado algunos de los principales efectos de este problema, los que están entrelazados entre si. La pérdida del patrimonio cultural, asociado a la agricultura y la ganadería como una manifestación de la cultura de los pueblos atacameños de Lasana y de Chiu Chiu. La baja rentabilidad agrícola, asociada al deterioro de la actividad, ha generado una desmotivación en los agricultores, los que ven cada vez menos retorno monetario y al mismo tiempo un aumento en los costos a raíz del aumento en el valor de la mano de obra y de los insumos. Esa desmotivación, junto con nuevas expectativas económicas en los rubros de la minería y los servicios (entre otros factores), han provocado que las nuevas generaciones no se hayan involucrado mayormente en la agricultura. Otro efecto provocado por el deterioro de la actividad agrícola tiene que ver con la disminución de la seguridad alimentaria por medio de productos locales.

Las causas del problema se han disociado para una mejor descripción, sin embargo, ellas están estrechamente relacionadas.

Según lo manifestado por los agricultores entrevistados y que han participado en distintas actividades, se aprecia un aumento en el costo del forraje. Ha habido problemas complejos en la propiedad de la tierra, lo que ha repercutido en una imposibilidad de acceder a fondos que financian obras de riego y otro tipo de inversiones del Estado.

También existe un limitado suministro de servicios básicos, como la electricidad, la locomoción, entre otros, que repercuten en la agricultura, ya sea como efecto en la producción como en la comercialización. Esto último dificulta la puesta en venta de los productos agrícolas y la obtención de mejores precios en los insumos, además de mayores facilidades en el acceso a la tecnología.

La falta de manejo integrado de los recursos hídricos se basa en una desconfianza en las instituciones públicas como efecto de una relación que se ha visto debilitada en periodos.

La disminución de los rendimientos y de la calidad de la producción, origina restricciones a la comercialización de los productos, lo que está vinculado a varias causas, como un inadecuado manejo de los cultivos, a un alto nivel de ciertos parámetros de calidad de aguas, a una creciente escasez de agua que afecta en la frecuencia del riego, haciéndolo cada vez más espaciado, provocan un deterioro de los suelos y grandes limitaciones a la diversificación de la estructura de cultivos. También la seguridad de riego se ve afectada por la plaga de chululos, de la que hablaron los dirigentes respecto de las Vegas de Turi, ya que los agujeros que realizan los

individuos de esta especie, hacen que las eras funcionen como un “colador”, perdiendo rápidamente el agua utilizada para el riego.

Debido a estas mismas causas, existen ciertas restricciones a la eficiencia hídrica, ya que no es factible utilizar todo tipo de tecnologías que aumenten esta eficiencia.

Todo lo anterior, en adición a la disminución de la oferta de agua, ha llevado a una disminución de la superficie agrícola.

Por otra parte, como puede verse en el árbol de soluciones de la Figura 13.4.2-2, la idea central queda resumida en “Desarrollo de la Actividad Agropecuaria”, en contraposición al principal problema expuesto en el árbol de problemas “Deterioro de la actividad agropecuaria”.

Idealmente, el riego debe ser potenciado por un aumento en la disponibilidad hídrica, la cual puede obtenerse por la vía legal (esclarecimiento de los derechos de aprovechamiento de agua), o por la vía de mejorar la infraestructura de riego (eficiencia, acumulación, etc.). Una mejora en la frecuencia de riego mejora los suelos, aumenta la seguridad de riego, y permite optar a un manejo que rectifique los suelos por la vía de las medidas de tratamiento.

Por su parte, si se mejora la calidad de las aguas, eso se suma y potencia aún más los beneficios antes mencionados, pudiendo finalmente derivar en un incremento de los rendimientos de los cultivos y una mejor calidad de producción. Esto se verá aún más favorecido si se incluye un programa de control de plagas en Turi (Chululos).

Por otro lado, deben mejorarse las interacciones entre actores públicos, privados y de la sociedad civil, ya que ello facilitaría el Manejo Integrado de Recursos Hídricos, y eso mismo favorecería el desarrollo de la actividad agropecuaria.

Este territorio también requiere apoyo en lo que es el acceso al forraje, con el fin de facilitar y potenciar la actividad ganadera, para lo cual habría que implementar un plan para disminuir los precios. En torno al tema de la propiedad de la tierra, se deben aclarar y resolver los problemas relacionados con las propiedades comunitarias y particulares (en Ayquina), ya que esto limita el acceso al financiamiento proveniente de los programas del Estado.

Estas localidades (Ayquina, Turi y Paniri) poseen un escaso acceso a servicios básicos (agua potable, alcantarillado y electricidad), lo que dificulta el desarrollo de todo tipo de actividad económica ya que esto constituye un punto de partida básico, razón por la cual deben solucionarse.

Finalmente, al implementar algún tipo de defensas fluviales, se estará protegiendo los terrenos agrícolas desde el punto de vista físico, o por causas que guardan relación con los desastres naturales, lo que debe ser complementado con medidas e incentivos para frenar el abandono de las tierras agrícolas por parte de las generaciones nuevas que ya no quieren dedicarse a la actividad. Todo ello contribuye a mantener y eventualmente aumentar la superficie agrícola del este territorio.

Todos los elementos anteriores, actuando de manera sinérgica, contribuyen en distinta medida al Desarrollo de la actividad Agropecuaria, lo que traería como consecuencias sucesivas, beneficios mayores tales como la mantención de la actividad ganadera, la preservación del patrimonio cultural (asociado a la actividad), aumento de la rentabilidad agrícola, recambio generacional en la agricultura, y un aumento de la seguridad alimentaria en los productores locales.

Usando los antecedentes anteriores, se preparó la siguiente imagen objetivo:

***"La agricultura en el territorio cuenta con una infraestructura de riego que es buena a nivel predial, aunque no es capaz de enfrentar los eventos de crecidas y otorgar seguridad de riego a los agricultores. Por otra parte, dado que la calidad del agua es en general buena, no siendo en general limitante, el desarrollo de la actividad se ve también favorecido por la implementación de formas de manejo nuevas o mejoradas que, sustentadas por un apoyo técnico constante, suponen un aumento en la calidad y en el rendimiento agrícola".***

### 13.4.3. Territorio Calama

En el Cuadro 13.4.3-1 se muestra la comparación entre la situación actual, obtenida del diagnóstico, y la situación futura esperada para el territorio, la que se obtuvo de un trabajo grupal del Equipo Consultor, además de entrevistas y otros antecedentes obtenidos durante el trabajo de terreno.

Se presenta en la Fotografía 13.4.3-1, fotografías de las actividades de participación ciudadana donde se recabó información primaria para desarrollar el diagnóstico a nivel local para la identificación específica de la problemática agrícola actual y las posibles soluciones para la agricultura de Calama, reunión realizada con dirigentes de la ASAC y agricultores.

Posteriormente se presenta en la Figura 13.4.3-1 el árbol de problemas y en la Figura 13.4.3-2 el árbol de soluciones.

**FOTOGRAFÍA 13.4.3-1**
**FOTOGRAFÍAS REUNIÓN ASAC**

Fuente: Equipo Consultor.

## CUADRO 13.4.3-1
## RESULTADOS ANÁLISIS TERRITORIAL

| Ámbito | Situación Actual | Brechas | Situación Esperada | Líneas de Acción |
|---|---|---|---|---|
| Calidad de aguas para riego | En el sector donde se encuentra la mayor parte de las bocatomas (desde el canal Yalquincha, hasta el canal Dupont), el parámetro que representa mayores restricciones es la CE. La norma de riego para arsénico se supera entre 10 y 20 veces, la norma de riego para boro se supera entre 10 y 20 veces, la norma de riego para cloruro se supera entre 5 y 10 veces. Bajo la bocatoma del canal Dupont solo riega el canal Cascada, en este sector los valores de CE, Boro y Cloruro aumentan, en el caso de la CE es excepcionalmente alto, superando el valor máximo de la NCh 1.333 para riego. La norma de riego para boro se supera más de 20 veces, la norma de riego para cloruro se supera entre 10 y 20 veces. | Implementar acciones que permitan obtener indicadores de CE para obtener agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita de métodos de manejo cuidadosos (3er tramo CE en NCh 1.333).<br>Asegurar el cumplimiento de la NCh 1.333 para Arsénico, Boro y Cloruro en las aguas de regadío. | La calidad del agua se mejora alcanzando el cumplimiento en el 90% del tiempo. Se mejora la CE, pasando al 3er tramo de calidad de la NCh 1.333 (1.500 < c < 3.000 µmhos/cm). | Programa de implementación de tratamiento de aguas a nivel intra y/o extra predial. |
| | | | | Optimizar el manejo del Embalse Conchi con el fin de mejorar la calidad de aguas del Río Salado. |
| | | | | De construirse el embalse Turi, implementar un manejo conjunto de los Embalses Turi y Conchi, o incluso una planta de tratamiento en Turi, con el fin de mejorar la calidad de las aguas. En este caso debiera encausarse el agua para evitar nuevos aportes de sales. |
| | Los análisis de calidad de aguas son trimestrales o cuatrimestrales, en puntos de control que no representan a toda el área de estudio. | Aumento en la frecuencia de análisis de calidad de aguas y aumento en la cantidad de puntos de monitoreo. | La calidad del agua se monitorea mensualmente, en, al menos, 4 puntos de control (Río Loa sectores: Yalquincha, bocatoma canal Tronco, aguas arriba canal Lay Lay-Topater; aguas servidas tratadas). | Obtención de recursos para una mejora en el monitoreo de la calidad de las aguas en el área de estudio. |
| | Se desconoce la calidad del agua efluente, lo que conlleva a que muchas veces la falla de la planta de tratamiento se visualiza en la pérdida de los cultivos. | Se requiere monitorear constantemente la calidad del agua del efluente de las plantas de tratamiento. | Se establece programa de monitoreo para controlar la calidad del efluente de las plantas de tratamiento de aguas del programa implementado. | Programa de implementación de tratamiento de aguas a nivel intra y/o extra predial. |
| Estado de los suelos agrícolas | 100% suelos alcalinos, desde moderadamente a muy fuertemente alcalinos. 100% suelos salinos, desde ligeramente a extremadamente salinos 47% suelos con valores medianamente bajos en M.O. 35% suelos agrícolas con Fósforo Disponible de Bajo a Muy Bajo. 100% suelos con contenido alto de Potasio Asimilable. Bases de intercambio, con desequilibrio entre Calcio y Sodio, alto porcentaje Sodio (suelos sódicos). Microelementos: valores altos en Hierro, Manganeso, Zinc (no disponible a pH alcalino), Cobre y Boro, el más tóxico, hasta 72 veces la norma (Likantatay). 100% suelos agrícolas con valores de Arsénico sobre la norma, hasta 15 veces (Chunchuri Alto). Características texturales con 95% de texturas franco arenosas, lo que determina gran cantidad de espacio poroso y una baja retención de agua. | Bajo el contexto de la gestión de proyectos que mejoren la calidad del agua de riego a niveles tolerables por los cultivos (≤4 dS/m) y la seguridad de riego, como base para formular un plan de mejoramiento de suelos, se requiere de apoyo institucional en aspectos técnicos y económicos, para implementar un plan integrado de manejo, mejoramiento y conservación de suelos con un enfoque agroproductivo. | El nuevo contexto de seguridad de riego y calidad de aguas permiten obtener una condición físico química rectificada de los suelos en aquellos parámetros que en Situación Actual se presentan como ampliamente restrictivos para el desarrollo agrícola de la mayoría de las especies agrícolas. El nivel de rectificación, principalmente en los parámetros de conductividad eléctrica y de sodio, llega al potencialmente factible de alcanzar en función de la calidad de agua disponible. | Plan integrado de medidas que considera, según cada caso:<br>a) Tratamiento Lavado de Suelos<br>b) Subsolado y mejoramiento de drenaje<br>c) Tratamiento de Enmiendas Cálcicas y de Azufre<br>d) Tratamiento de Incorporación de Materia Orgánica Estabilizada<br>e) Manejo y Tecnificación del Riego<br>f) Prevención y Control de Fito-patógenos y Malezas<br>g) Rectificación y Control de Fertilidad de Suelos<br>h) Fitoremediación de Suelos |
| Disponibilidad hídrica | Se estima un caudal medio disponible de 1,38 m³/s en el río Loa antes de la zona de riego de Calama, lo que en términos de satisfacción de la demanda implica una satisfacción promedio del 97,3%, y una seguridad de riego del 24,1%. Los meses de mayor déficit corresponde a enero y febrero, alcanzando una cobertura del 88% en ambos meses, con un déficit de 0,14 m³/s en dichos meses. En términos objetivos se considera una baja seguridad de riego. | Baja disponibilidad de recurso hídrico desde el punto de vista físico, y desde el punto de vista legal, es incierto. | Se alcanza una seguridad de riego del 85% sin disminuir la superficie regada, lo que en términos de cantidad implicó aumentar el caudal disponible en el río, ya sea por la puesta en marcha del Embalse Turi, por optimización en la operación del Embalse Conchi, y/o aumento de la eficiencia en los meses de verano. | Construir el embalse Turi. |
| | | | | Mejorar la eficiencia de conducción de los canales. |
| | | | | Si se mejora la calidad de las aguas, se pueden mejorar los métodos de riego intraprediales. |
| | | | | Optimizar la operación del Embalse Conchi, para satisfacer de mejor manera las demandas de riego. |
| | | | | Implementar obras civiles y tecnificación para rehabilitación del tranque de la Organización de Aguas Servidas Tratadas del sector Cerro Negro. |
| | | | | Reuso aguas grises y servidas |

**CUADRO 13.4.3-1**
**RESULTADOS ANÁLISIS TERRITORIAL**

| Ámbito | Situación Actual | Brechas | Situación Esperada | Líneas de Acción |
|---|---|---|---|---|
| Producción agrícola | Agricultura muy limitada, basada únicamente en la producción de ecotipos de alfalfa (Alta Sierra) y maíz choclo (Morocho Blanco) tolerantes a los elevados niveles de salinidad, Sodio, Arsénico, Boro y Cloruros presentes en el agua de riego y en el suelo. El enfoque productivo se orienta al autoconsumo (humano y animal) y a la venta local y en pueblos aledaños. La actividad agrícola solo complementa otras actividades económicas o pensiones. | Bajo el contexto de proyectos que mejoren la calidad del agua (≤4 dSm/m) y la seguridad de riego y de contar con suelos tratados físico químicamente para la agricultura; se requiere apoyo institucional en aspectos técnicos y económicos para implementar cambios radicales en la estructura de cultivos, con un enfoque preferentemente comercial. | Se obtiene un patrón de rendimientos unitarios aumentado, asociado a mayor calidad del producto en los cultivos de Situación Actual (maíz y alfalfa), logrando así mejores condiciones de comercialización. El nivel logrado de rectificación de suelos y las mejoras obtenidas en calidad de agua, permiten diversificar la matriz de cultivos, incorporándose nuevas especies (hortalizas) con potencial productivo y comercial, bajo un contexto tecnológico que incorpora de forma importante la tecnificación. | Desarrollo de investigación y ensayo en nuevos cultivos y variedades para el sector, implementando un plan intensivo de capacitación y apoyo crediticio a agricultores para la adopción de nuevas alternativas de cultivos con potencial comercial y de nuevas tecnologías de manejo agrícola y de riego. |
| Infraestructura de riego | Los canales, en general, se encuentran en buen estado. En la zona de Yalquincha, los canales se encuentran principalmente en mal estado. Los canales Lay Lay, Likantatay, Radich y Topater se encuentran en mal estado en algunos sectores. Los canales derivados Choque, Tejerina, Aconcagua Norte, Aconcagua Sur, Cerro Negro Nor Oriente, Cerro Negro Sur Poniente, Der. Radich. Asimismo, en el canal Cascada (antiguo canal intrapredial), se encuentra en mal estado. Un caso particular es el del canal Sumac Llajta, ya que se encuentra el trazado en buenas condiciones, sin embargo, no se encuentra en uso, debido a problemas legales. | | Se solucionan los problemas de infraestructura, dejando los canales troncales en buenas condiciones. | Programa de obras civiles para el mejoramiento de los tramos en malas condiciones. |
| | | | Se soluciona tema legal de canal Sumac Llajta. | Apoyo interinstitucional CNR / CONADI / DGA para la resolución del problema del canal Sumac Llajta. |

Fuente: Elaboración propia.

El problema central que se ha determinado en el análisis mediante la metodología del árbol de problemas ha sido el “Deterioro de la Actividad Agrícola”.

Aun siendo similar el análisis de efectos detectados en Lasana – Chiu Chiu y Ayquina – Turi - Panire, se adicionan -como problemas subyacentes- la constante presión inmobiliaria en los sectores de riego y la alta presión sobre los recursos hídricos por otras actividades (por ejemplo, minería, sanitarias). Esto ha traído como consecuencia una disminución de la superficie agrícola y la disminución de la posesión de los derechos de agua por parte de los agricultores. Si bien, esto no tiene una relación directa con el problema, si se produce una competencia entre la actividad agrícola en el uso de suelos y de aguas, lo que es notoriamente un problema que salió a la luz en todas las actividades realizadas en el sector. Esto se ve potenciado por la disminución de la rentabilidad de la actividad agrícola.

Respecto de la pérdida del patrimonio cultural, si bien los agricultores de Calama no pertenecen a un territorio indígena de manera similar a los pueblos tratados anteriormente, si realizan prácticas ancestrales, ya sea por provenir de familias atacameñas, o bien, por seguir los patrones agrícolas de la zona, debido a que por medio de estas prácticas la agricultura ha podido sustentarse.

Las causas del problema se han disociado para una mejor descripción, sin embargo, ellas están estrechamente relacionadas.

Desde el inicio del estudio se pudo visualizar una falta de manejo integrado de los recursos hídricos, que, si bien ocurre en toda la cuenca, se hace patente en los canales del sector. Al no existir un control en las extracciones aguas arriba, hay una percepción de que no llega a las bocatomas el agua suficiente, o que corresponde por derecho. Potencia esta percepción la inexistencia de una organización de segundo piso que permita gestionar los recursos hídricos, lo que, en adición a la desconfianza en las instituciones públicas, aumenta el grado de desconocimiento en las extracciones que ocurren aguas arriba de la ciudad de Calama. La existencia de una institución de este tipo, en concordancia con el actual Código de Aguas, no permitiría la participación de los agricultores en la toma de decisiones, por lo que la formalidad de una institución como una Junta de Vigilancia, tampoco vendría a solucionar este aspecto.

Tampoco existe una cooperación entre los agricultores que les permita acceder en mejores condiciones al mercado, o poder obtener mejores valores en los insumos.

La disminución de los rendimientos y de la calidad de la producción, origina restricciones a la comercialización de los productos, lo que está vinculado a varias causas, como un inadecuado manejo de los cultivos, a un alto nivel de ciertos parámetros de calidad de aguas, a una creciente escasez de agua que afecta en la frecuencia del riego, haciéndolo cada vez más espaciado, provocan un deterioro de los suelos y grandes limitaciones a la diversificación de la estructura de cultivos. Calama es el sector más golpeado por efectos de los altos niveles en los

parámetros de conductividad eléctrica, boro, arsénico y cloruros, presentando los valores más altos.

Los sectores de Cerro Negro y en general en el sector poniente de Calama, se han visto fuertemente afectados por la plaga de Mostaza Negra, que ha infestado los terrenos. Por la posibilidad de propagación de la plaga, se ha limitado su comercialización, ya que en los sectores altos de Calama y en los pueblos del interior se evita su uso.

Debido a estas mismas causas, existen ciertas restricciones a la eficiencia hídrica, ya que no es factible utilizar todo tipo de tecnologías que aumenten la eficiencia en el riego.

Si se observa, por otro lado, el árbol de soluciones, el gran problema detectado en el árbol de problemas, se expresa ahora como abordado, es decir, en lugar de "Deterioro de la actividad agrícola", ahora se tiene "Desarrollo de la actividad agrícola". Como es de esperarse, cada uno de los problemas que llevó a concluir que la actividad agrícola se encuentra deteriorada, ahora se encuentran abordados y solucionados.

De este modo, se comienza con atacar la escasez hídrica, aumentando la disponibilidad ya sea por la vía de la construcción de obras o por la vía de los esclarecimientos de la disponibilidad de derechos de aguas. A su vez esto acarrea un aumento en la seguridad de riego y posibilidades de mejorar la eficiencia ante el repunte de la actividad. La mejora en la frecuencia de riego puede traer una mejora en los suelos y por consiguiente, se abre la posibilidad de diversificación de cultivos.

Por otro lado, si se mejora la calidad de las aguas, se potencia aún más la rectificación de los suelos, diversificación de los cultivos y la posibilidad de tecnificación, mejorando la eficiencia hídrica global asociada a la actividad, aumentando también el rendimiento de los cultivos, y por lo tanto mejorando la misma actividad agrícola en su conjunto. En forma paralela, si se implementa un control de plagas, todo lo anterior se ve aún más favorecido.

Por el lado del manejo integrado de los Recursos Hídricos, esto puede ser alcanzado mediante un aumento o mejora en la cooperación entre los agricultores, para lo cual se requerirían planes de fortalecimiento organizacional y en particular, un fortalecimiento en la asociatividad enfocada en el Manejo Integrado de Recursos Hídricos, todo esto acompañado de una mayor interacción entre los actores públicos, los privados y la sociedad civil.

Finalmente, y en forma paralela a lo anterior, debe protegerse la escasa superficie agrícola, principalmente de la expansión urbana, fortaleciendo la prioridad de uso en los Instrumentos de Planificación Territorial, fundamentalmente en el Plan Regulador de Calama.

Todos los elementos antes mencionados, en su conjunto podrían derivar en alcanzar la solución fundamental del árbol de soluciones, esto es el "Desarrollo de la Actividad Agrícola". Este estado se traduce entonces en la mantención de la actividad ganadera, la preservación del patrimonio cultural (asociado a la actividad agrícola), aumento de la rentabilidad (cultivos más rendidores, a mejores precios y riego más eficiente) y un aumento de la seguridad alimentaria.

Por último, se preparó la siguiente imagen objetivo:

*"El oasis de Calama sostiene y potencia su vocación agrícola logrando una convivencia armónica entre las prácticas tradicionales, favorecidas por mejoras en el manejo de los suelos, en la disponibilidad hídrica (producto de mejoras en conducción y acumulación) y en la calidad de las aguas, con nuevas experiencias de agricultura intensiva capaces de otorgar más valor a la actividad. Estas últimas iniciativas se ven posibilitadas por inversiones públicas y privadas en plantas de tratamiento, en acumulación, conducción y transferencia tecnológica a los agricultores, así como por una gobernanza local que es capaz de generar la articulación necesaria para sostener estas innovaciones".*

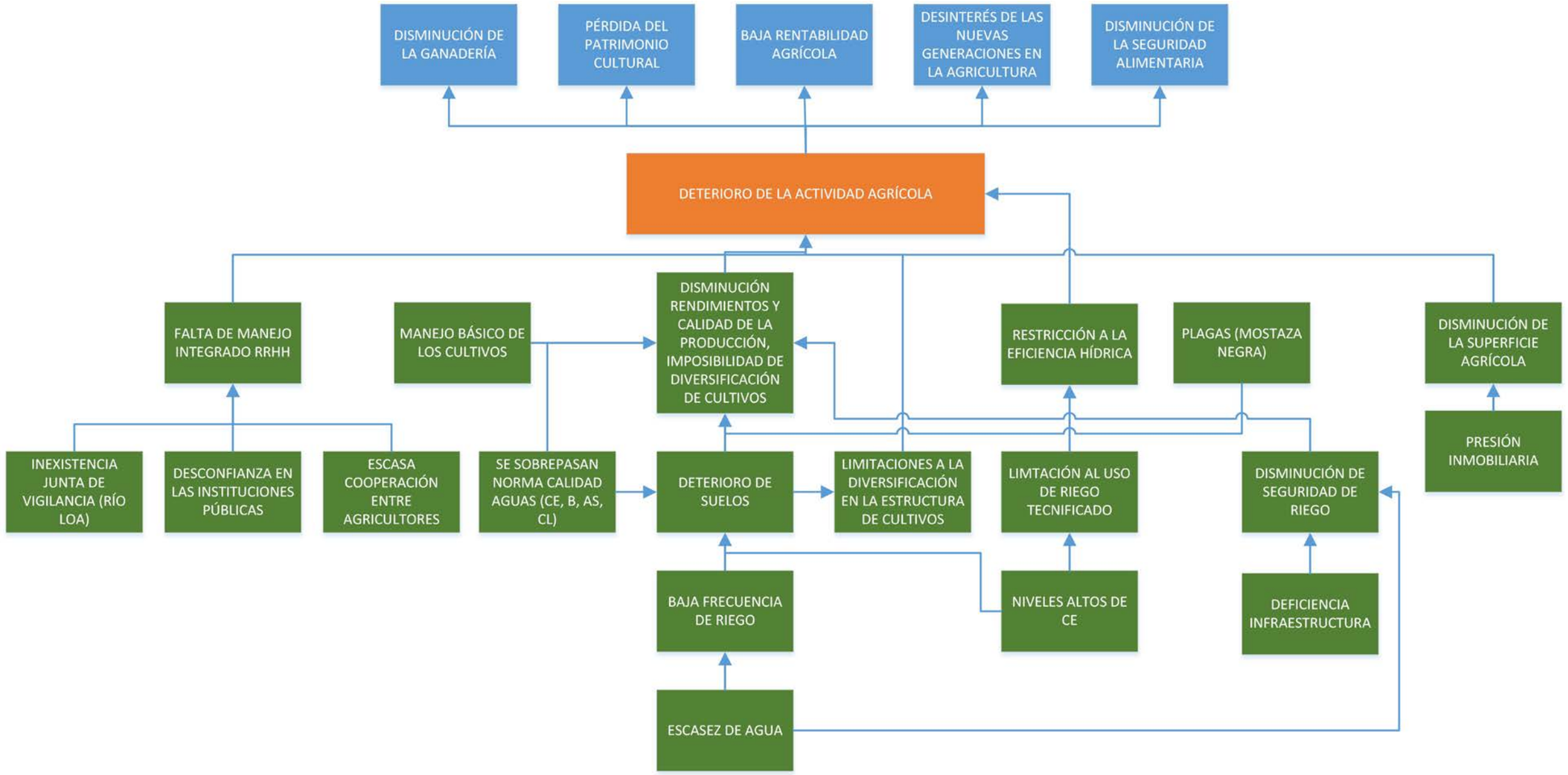



**FIGURA 13.4.3-1**
**ÁRBOL DE PROBLEMAS CALAMA**

Fuente: Elaboración propia.

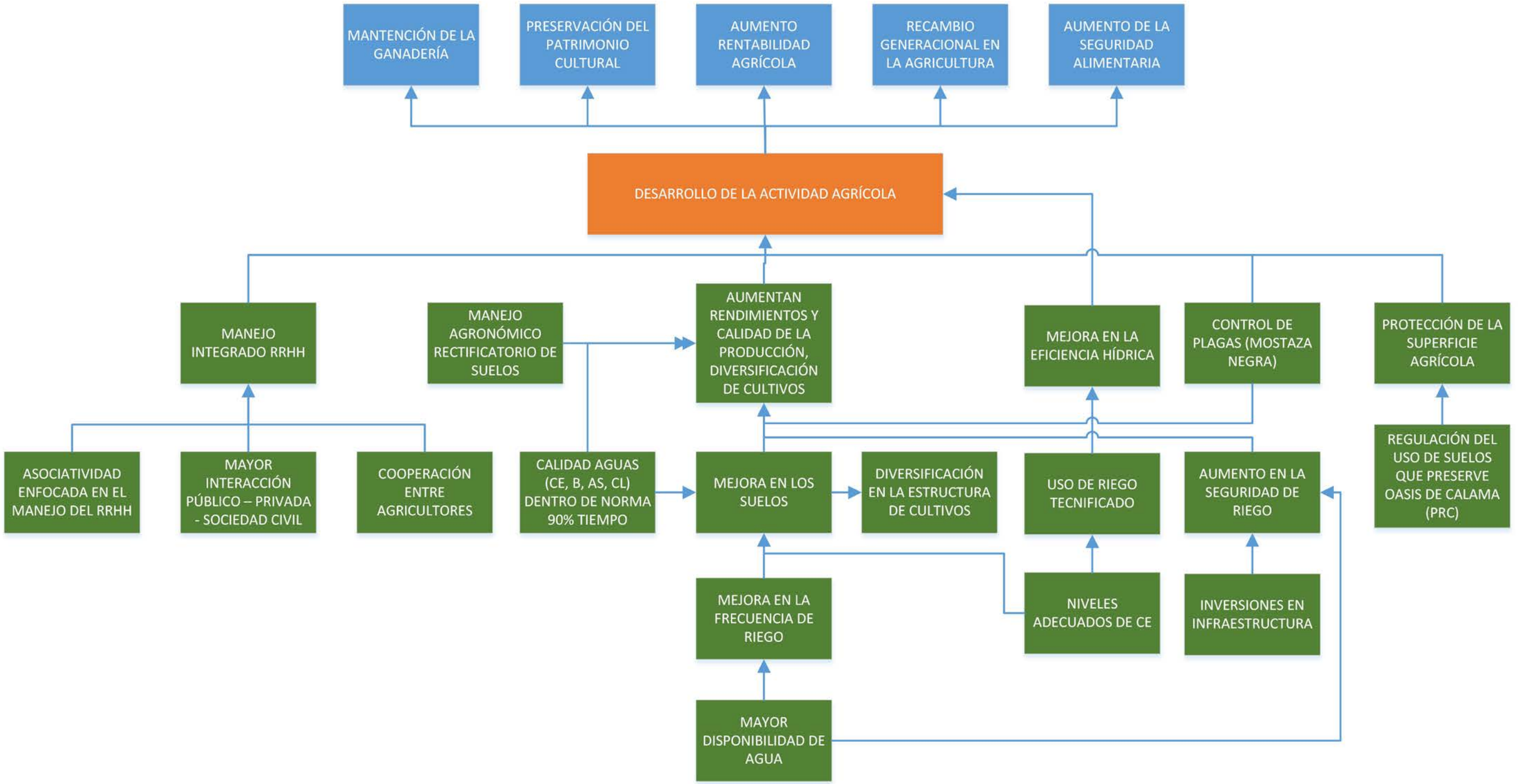



**FIGURA 13.4.3-2**
**ÁRBOL DE SOLUCIONES CALAMA**

Fuente: Elaboración propia.

# CAPÍTULO 14

# LÍNEAS DE ACCIÓN EN LA GESTIÓN DEL RIEGO

# 14. LÍNEAS DE ACCIÓN EN LA GESTIÓN DEL RIEGO

## 14.1. Líneas de Acción a Nivel Territorial

En los Capítulos 5 y 7 se describieron en detalle las características agrológicas, agroclimáticas y productivas del sistema agrícola del área de estudio, asociando en esta descripción, las principales problemáticas asociadas a la calidad físico química de los suelos y la calidad y suministro de agua de riego y sus limitantes sobre el desarrollo agrícola.Es así como en el presente capítulo se desarrolla un análisis descriptivo de las principales líneas de acción conducentes, en forma complementaria a las obras proyectadas, asubsanar desde el punto de vista técnico, las brechas existentes entre Situación Actual y la Imagen Objetivo planteada, en lo referente a cada uno de los puntos analizados en el Análisis Territorial por Sector de Riego, y que se orientan en definitiva a procurar las condiciones necesarias para el desarrollo agrícola esperado en Situación Con Proyecto.

En el Cuadro 14.1-1 es posible visualizar gráficamente el listado de las líneas de acción propuestas anteriormente en el Capítulo 13, asociadas al nivel de impacto en la producción que se podría esperar en cada una de los sectores que componen la sub división territorial planteada, impacto relacionado con la problemática específica de cada sector respecto de los diversos factores que constituyen limitantes al desarrollo agrícola, principalmente desde el punto de vista de la calidad de los suelos y del agua de riego. En el cuadro se indica también cuales de estas líneas de acción han sido analizadas usando el modelo de simulación desarrollado, o cuales podrían analizarse con el uso del modelo.

Se hace notar en primer lugar que los indicadores presentados son de tipo cualitativo, aunque en algunos casos el indicador podría ser basado en antecedentes de tipo cuantitativo. Lo anterior se evitó de modo de tener un indicador único para todas las tecnologías analizadas. En lo que sigue se describe brevemente el significado esperado para cada nivel del indicador:

| | |
|---|---|
| Alto | Se estima que la tecnología puede tener un impacto muy significativo en la mejora en la producción |
| Medio Alto | Se estima que la tecnología puede tener un impacto significativo en la mejora en la producción |
| Medio | Se estima que la tecnología puede tener un impacto medio en la mejora en la producción |
| Medio Bajo | Se estima que la tecnología puede tener un impacto bajo en la mejora en la producción |
| Bajo | Se estima que la tecnología puede tener un impacto muy bajo en la mejora en la producción |

Al analizar las calificaciones mostradas en el Cuadro 14.1-1 se observa que no se espera un impacto mayor al medio. Lo anterior se debe a que los tratamientos propuestos no son capaces de sanear completamente el agua o de sanear totalmente el suelo por si solos, por lo que el impacto en la producción es a lo más medio, como es en el caso de las tecnologías que permiten tratar el agua directamente.

Al analizar el caso de las tecnologías para el manejo agronómico del suelo, se estima que a lo más las diferentes técnicas por si solas serían capaces de tener un impacto medio bajo, en algunos territorios, mientras que en otros el impacto es bajo, fundamentalmente porque son territorios en que la problemática identificada no es tan importante. Posteriormente, en el Acápite 14.2.1.9 se muestra la forma en que deberían integrarse los tratamientos de suelo, de modo de lograr mejores resultados. En esos casos se estima, que el efecto en la producción puede llegar a ser medio, dado que, si la calidad del agua no mejora, no es posible lograr mejores resultados.

En segundo lugar, la tecnificación del riego tiene un impacto muy bajo, al igual que el mejoramiento de canales y bocatomas, ya que no hay mejoras a la calidad de aguas y solo a su disponibilidad, con el consiguiente bajo impacto.

En tercer lugar, la construcción del Embalse Turi, trasvases y desvíos, y la operación conjunta de los Embalses Conchi y Turi, si bien tiene un impacto en la calidad de las aguas, éste no es muy alto, ya que las simulaciones efectuadas muestran que a lo más la conductividad promedio decrece en un 50%, para el caso de los trasvases y desvíos, además de la operación conjunta de los embalses. Se hace notar que la construcción del embalse Turi afecta mayormente a la cantidad de agua disponible y no a la calidad como las otras tecnologías. Se hace notar también que el efecto a nivel territorial no es el mismo, ya que el mayor efecto es aguas abajo de la obra.

En siguiente lugar, el efecto del reúso de las aguas negras y grises está limitado, por una parte, por la cantidad de aguas posibles de producir, y por otra por la legislación vigente, la que limita su uso. Lo anterior se presenta como un mayor efecto en Calama, dada la mayor producción posible, siendo el efecto menor en los otros territorios.

Para la fitorremediación en esta ocasión no se presenta una estimación, ya que se deben realizar experiencias in situ para conocer en mejor forma sus efectos.

Por último, las tecnologías que permiten tratar el agua in situ son las que entregan mejores resultados, pero sin ser óptimos.

## CUADRO 14.1-1
## NIVEL DE IMPACTO DE LINEAS DE ACCION EN LA PRODUCCION
## POR SUB DIVISION TERRITORIAL AREA DE ESTUDIOS

| Línea de Acción | Sub división Territorial | | | | | | Modelación |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Calama | Chiu Chiu | Lasana | Ayquina | Turi | Paniri | |
| **Manejo Agronómico Asociado a Suelos** | | | | | | | |
| **a) Tratamiento Lavado de Suelos** | ●● | ●● | ●● | ● | ●● | ● | No |
| **b) Subsolado y mejoramiento de drenaje** | ●● | ● | ● | ● | ● | ● | No |
| **c) Tratamiento de Enmiendas Cálcicas y de Azufre** | ●● | ●● | ●● | ●● | ●● | ● | No |
| **d) Tratamiento de Incorporación de Materia Orgánica Estabilizada** | ●● | ●● | ●● | ●● | ●● | ●● | No |
| **e) Manejo del Riego** | ●● | ●● | ●● | ●● | ●● | ●● | No |
| **f) Prevención y Control de Fito-patógenos y Malezas** | ●● | ●● | ●● | ●● | ● | ● | No |
| **g) Rectificación y Control de Fertilidad de Suelos** | ●● | ●● | ●● | ●● | ● | ● | No |
| **h) Fitoremediación de Suelos** | ●● | ●● | ●● | ● | ● | ● | No |
| **Tecnificación del Riego** | ● | ● | ● | ● | ● | ● | No |
| **Mejoramiento Infraestructura de Bocatomas y Canales** | ● | ● | ● | ● | ● | ● | Si |
| **Construcción Embalse Turi** | ●● | ● | ● | ● | ● | ● | Si |
| **Trasvases y Desvíos** | ●● | ●● | ●● | ● | ● | ● | Si |
| **Operación Conjunta Embalses Conchi y Turi** | ●● | ●● | ●● | ● | ● | ● | Si |
| **Reúso de Aguas Grises y/o Servidas Tratadas** | ●● | ● | ● | ● | ● | ● | No |
| **Fito-Remediación de Aguas** | ? | ? | ? | ? | ? | ? | No |
| **Otras Tecnologías de Tratamiento de Aguas** | | | | | | | |
| **a) SolArsenic** | ●●● | ●●● | ●●● | ●● | ●● | ● | No |
| **b) Planta de Abatimiento de Boro y Arsénico** | ●●● | ●●● | ●●● | ●● | ●● | ● | No |

Impacto

●●●●●: Alto

●●●●: Medio Alto

●●●: Medio

●●: Medio Bajo

●: Bajo

Fuente: Elaboración propia.

En resumen, el planteamiento de Líneas de Acción necesariamente debe realizarse en forma integrada para obtener resultados sobre el nivel medio de impacto. No obstante, el costo de implementar tal integración, no es cubierto por el ingreso agrícola asociado, lo que hace necesario evaluar escenarios alternativos que, apuntando preferentemente a mejorar calidad de aguas, logren aproximar los costos de una Situación Con Proyecto con sus beneficios.

## 14.2. DescripcióndelasLíneasdeAcción

### 14.2.1. Medidas de ManejoAgronómicoAsociadas a Problemática de Suelos

#### 14.2.1.1. Aspectos Generales

El manejo agronómico implica todas aquellas prácticas que se desarrollan en un predio agrícola con fines productivos, implementadas de forma tal de maximizar la eficiencia de los procesos y del uso de recursos, todo con una lógica y oportunidad acordes a los requerimientos de cada sistema productivo, teniendo en consideración la factibilidad económica de su implementación.

El objetivo del presente acápite es presentaraquellas medidas de manejo agronómicoinherentes a los tratamientos orientados a solucionar las principales problemáticas presentadas por la generalidad de los suelos y el agua de riego en el área de estudio.

#### 14.2.1.2. Principales Problemáticas Asociadas a los Suelos en Situación Actual

Según los resultados del Diagnóstico de Suelos y del Catastro y Muestreo de Calidad de Aguas, las características físico químicas de una muestra representativa de los suelos agrícolas y del agua de riego en distintos sectores del área de estudio, dan cuenta de serias limitantes que constituyen una problemática para la agricultura, pudiendo éstas tener origen en exceso o carencia de elementos en la constitución química o bien, por condicionamientos de orden físico.

Se plantea así para los suelos del área de estudio, una serie de problemas de diversa complejidad según cada suelo y localidad, con un origen ligado, por una parte, a una condición genética de los suelos (material parental) y por otra, a las condiciones de manejo que por décadas han experimentado estos suelos, principalmente a causa del riego con aguas contaminadas.

En este sentido y aludiendo a un orden prioritario que establezca la relevancia de cada una de estas problemáticas, en el contexto de las restricciones que imponen al desarrollo agrícola, el resultado y análisis del mencionado diagnóstico de suelos consigna como principales limitantes y en forma generalizada en el área de estudio, los siguientes tópicos:

- Niveles de salinidad superiores a la norma vigente y a umbrales de tolerancia de la mayor parte de los cultivos tradicionales

- Niveles de sodio y cloruros muy superiores a la norma (sodicidad)

- pH muy alcalino, que reduce disponibilidad de micronutrientes y microelementos

- Contenidos de metaloides en niveles superiores a la norma, en especial de Arsénico

- Contenidos de micro elementos en niveles superiores a la norma, en especial de Boro

- Bajos contenidos de materia orgánica respecto de estándares convencionales

- Texturas francas con fuerte carácter arenoso, falta de estructura y rápida percolación

Por otro lado, en el caso del agua de riego, se determina en el mencionado catastro y muestreo de aguas, una asociación de las principales problemáticas restrictivas al desarrollo agrícola a contenidos y niveles superiores a la Norma Chilena (NCh 1.333) en diversos parámetros de calidad:

- Niveles de conductividad eléctrica (CE) superiores a la Norma

- Niveles de sodio y cloruros superiores a la Norma

- Contenidos de Arsénico en niveles superiores a la Norma

- Contenidos de Boro en niveles superiores a la Norma

- Contenidos de Molibdeno en niveles superiores a la Norma

La habilitación de suelos en Situación Con Proyecto está destinada, por una parte, a dar uso productivo a terrenos que presentan actualmente potencial para este fin y por otra, para rehabilitar aquellos que actualmente se destinan a cultivo, pero que requieren rectificar y normalizar su condición físico química, de modo de permitir la expresión del potencial de desarrollo de los cultivos.

En relación a las principales problemáticas de los suelos mencionadas para área de estudio, se presenta a continuación un análisis descriptivo de diversas medidas de manejo atingentes y acordes a cada situación restrictiva en los suelos, recomendadas complementariamente a la implementación de escenarios de proyecto de riego futuros.

En el contexto de la Imagen Objetivo planteada en torno a este tema, las medidas de manejo expuestas, forman parte fundamental del proceso conducente a superar las brechas existentes entre Situación Actual y esta Imagen Objetivo, apuntando básicamente a atender y mitigar los efectos de aquellas problemáticas asociadas a la calidad de suelos. Se proporciona a su vez, herramientas para determinar la factibilidad técnica y económica de su implementación en el sistema agrícola del área de estudio.

Estas medidas se plantean en forma genérica en primera instancia, debiéndose dimensionar y ajustar en forma específica en cada caso particular de suelo, según las características físico químicas de cada uno, la diversidad de niveles posibles de encontrar de cada parámetro restrictivo, la calidad del agua de riego disponible y los requerimientos de los cultivos que pretendemos desarrollar. De este modo, se realizará en lo sucesivo, un análisis por sub sector, que apunta a dar una referencia más específica en cuanto a problemática y tratamientos acordes a cada uno.

En este sentido, es necesario decantar la idea y fijar como meta para los tratamientos de suelo, procurar alcanzar como Imagen Objetivo en cuanto a calidad de suelos, un“nivel rectificado” para cada parámetro que se identifique como restrictivo, esto es, rectificar sugrado de contaminación o carencia hasta un nivel que permita desarrollar una agricultura acorde al contexto agroclimático y de mercado en la zona.

A continuación, se enumeran los principales tratamientos rectificatorios de suelo asociados a su habilitación para realizar agricultura, en el contexto de las mencionadas problemáticas restrictivas, incorporando una breve descripción de en qué consisten.

#### 14.2.1.3. Lavado de Suelos y Subsolado

La técnica de lavado consiste en agregar un exceso de agua, respecto de la evapotranspiración real, produciendo un desplazamiento de las sales en profundidad, fuera de la zona de raíces de las plantas. Para que esta técnica se pueda utilizar se requiere que el suelo tenga un buen drenaje natural o artificial, que permita eliminar el agua de la zona radicular. De ahí la necesidad de subsolar al menos una vez por temporada, para dar mayor efectividad a las prácticas de lavado.

Lamentablemente, en la zona esta práctica se realiza con la misma agua de riego, caracterizada por un alto contenido de sal, microelementos y metaloides, por lo que el lavado no es eficiente y sigue agregando sal y contaminantes al suelo, los que por infiltración se van acumulando en una estrata salina a 30 – 40 cm de profundidad, de estructura muy disgregada por el sodio y que a la larga se vuelve impermeable a la infiltración. De esta forma es importante el subsolado profundo para conseguir romper estos horizontes compactados, mejorando la permeabilidad y el drenaje. Si el problema es porque la capa freática esté demasiado cerca del suelo, la solución es instalar un drenaje artificial que reduzca el ascenso por capilaridad.

Una vez lavado el suelo, la salinidad debe mantenerse en niveles bajos aplicando en cada riego cierto volumen de agua mayor que la evapotranspirada por las plantas, lo que se denomina “fracción de lavado”. Esta práctica permite mantener un contenido salino bajo en el área de exploración de raíces.

El cálculo de la fracción de lavado se hace en función de diversos factores tales como salinidad del agua, tipo de suelo, nivel de salinidad tolerado por los cultivos, régimen de lluvia, etc.

### 14.2.1.4. Enmiendas Cálcicasy de Azufre

Un suelo se considera salino, o con exceso de sales, cuando su conductividad eléctrica es igual o superior a 4 dS/m. Por otro lado, se entiende que un suelo no es apto para el cultivo cuando posee más de un 15% de P.S.I. (Porcentaje de Sodio Intercambiable), es decir, cuando el sodio intercambiable del suelo es igual o superior al 15% del resto de elementos con carga positiva que se encuentran en él, como pudieran ser el calcio, el magnesio o el potasio, por ejemplo. Existeuna norma aceptada en el mundo agrario de no recomendar para el uso agrícola un suelo que tenga más de un 10% de P.S.I., puesto que a partir de esa cifra se sabe que los cultivos tendrían rendimientos excesivamente bajos. Prácticamente todos los suelos de Calama superan esta condición, clasificándose como suelos salino sódicos.

El sodio tiene la capacidad de destruir la estructura del suelo y al contrario de lo que ocurriría para eliminar otras sales, con él no basta con aplicar agua de lavado. Es entonces cuando se puede recurrir al **Sulfato de Calcio ($CaSO_4$)** o yeso agrícola, ya que está demostrada su capacidad de desplazar al sodio y solubilizarlo. Con el mismo objetivo se realizan también aplicaciones de azufre al suelo.

Es un proceso largo y la cantidad de yeso a aplicar dependerá de cuánto sodio se deba eliminar.La cantidad de yeso a aplicar como enmienda al suelo puede ser estimada sobre la base del sodio que debe ser desplazado del perfil y de la eficiencia de cada compuesto para este efecto, ocupándose como indicador el nivel de sodio intercambiable en meq/100gr, siendo la dosis mínima a aplicar de una vez de 3 t/ha de superficie.

### 14.2.1.5. Incorporación de Materia Orgánica

La materia orgánica de los suelos juega un rol trascendental en la mantención de la fertilidad integral del suelo, la que debe considerar la fertilidad química, física y biológica del suelo y corresponde a compuestos orgánicos carbonados de diferentes características químicas que se presentan estrechamente interrelacionados con la fracción inorgánica del suelo, principalmente arcilla.

En el área de estudio, en forma generalizada, se aplica como guano en forma cruda (sin compostar o estabilizar), por lo que su efecto fertilizante (aporte de N-P-K), floculante (mejorador de estructura de suelos), quelante (permite fijar y solubilizar Arsénico y Boro), buffer (normalizador de pH) y enriquecedor de la dinámica microbiológica del suelo, no se ve expresado en forma eficiente y satisfactoria. Más bien se traduce en un obstáculo al lavado de suelo, disminuyendo su eficiencia y agravando el problema de salinidad.

Tanto la materia orgánica estabilizada, como la aplicación de calcio, ayudan a secuestrar el boro presente en gran cantidad en los suelos, dejándolo posteriormente expuesto a un fácil lavado del perfil por lixiviación. El boro disponible a la absorción por las plantas está en forma inorgánica como ácido bórico disuelto en la solución del suelo y su complejo coloidal. Al encalar y aplicar materia orgánica estabilizada, se produce una baja de pH que permite que el boro disminuya su disponibilidad para las plantas. Esto a través de la adsorción como ión borato, o como ácido bórico, precipitación como boratos de Al o Si y formación de complejos orgánicos boratados, no disponibles para las plantas.

A la vez, la humificación de la materia orgánica en el suelo permite la fijación del Arsénico en compuestos cálcicos, permitiendo su solubilización para posterior lavado. Lo anterior también se ve favorecido por la baja de pH que genera la incorporación de materia orgánica estabilizada en el suelo.

#### 14.2.1.6. Manejo del Riego

Actualmente, el manejo del riego realizado en la zona, acentúa el efecto detrimental de la salinidad en los cultivos, debido a dos factores observados:

- Excesiva longitud de las platabandas o eras de cultivo, donde la porción de la era más próxima a la entrada del agua, recibe mayor cantidad de agua y tiempo de riego y de lavado que la porción final, por lo que se acumula mayor cantidad de sales en la porción final.

- Operación del método de riego por tendido, el cual se aplica de manera tal, que cuando el agua llega al final de la platabanda, se cierra el flujo de agua, provocando que las plantas del último tercio reciban una menor carga de agua, afectando finalmente la producción de biomasa.

Se recomienda de esta forma, reducir la longitud de las platabandas o eras, con la finalidad de permitir una mayor uniformidad del riego y por esa vía uniformar el crecimiento de las plantas y reducir la salinización de los suelos en los primeros 30 cm, estableciendo un cambio en los sistemas de irrigación utilizados actualmente.

14.2.1.7. Prevención y Control de Fito-patógenos y Malezas

Talcomo lo describe en detalle la caracterización productiva del área de estudio, la existencia y rápida diseminación de la maleza “Mostaza Negra”, es un problema de difícil solución y que desde el punto de vista de manejo de suelos debe considerarse con especial atención.

Uno de los principales mecanismos de diseminación de la maleza es a través del guano de animales que consumen su parte aérea, muchas veces asociada a las praderas artificiales. De esta manera, solo se debe aplicar guano proveniente de lugares no infestados y con un efectivo proceso de estabilización, donde las temperaturas alcanzadas logran matar semillas y patógenos.

Al mismo tiempo, es recomendable lavar la maquinaria agrícola antes de trabajar los suelos, ya que también semillas y propágulos vegetativos viajan a través de ella.

Finalmente, como práctica efectiva de manejo y control de malezas, se recomienda mantener en forma permanente la limpieza de bordes de acequias y canales de riego para evitar la dispersión de la semilla de la maleza por el agua de riego.

Otro problema que afecta, en especial la zona hortícola de Chiu Chiu y Lasana, es la propagación del hongo Alternaria sp. en el cultivo de mayor rentabilidad que es la zanahoria. Este problema tiene su origen en el monocultivo de la especie, acumulándose propágulos en el suelo, debiendo obligatoriamente dejar de cultivar zanahoria o especies emparentadas o huéspedes de la misma enfermedad. La recomendación en estos casos es siempre considerar la rotacióncomo forma de evitar la diseminación de la enfermedad, en forma complementaria a aplicaciones fungicidas curativas en el contexto de cultivo.

14.2.1.8. Integración de Prácticas de Manejo

Como parte de un análisis de carácter global e integrador de las prácticas de manejo de suelos descritas para el área de estudio, se debe recalcar que existen **infinidad de condiciones** físico químicas y nutricionales de suelos distintas y situaciones de contaminación con los principales elementos mencionados también, por lo que **un plan de manejo integrado debe basarse en primera instancia, en un análisis de suelo específico para cada predio**, considerando todas las variables descritas en detalle en el diagnóstico de suelos del presente estudio.

Esta integración de prácticas y su resultado final en la calidad de suelos,constituye una inversión que junto a otras, apunta a posibilitar el desarrollo de una Situación Con Proyecto Agropecuaria,que apunta a desarrollar una estructura de cultivos constituida por especies de mayor rentabilidad y aptitud comercial, asociando tecnificación en el riego y tecnología de

manejo agronómico, resultantes en un margen unitario aumentado respecto de la realidad actual, situación esperable, según cada suelo, en un rango variable de tiempo de mediano a largo plazo.

Este lapso en la obtención de resultados satisfactorios depende de la dimensión de la problemática existente en cada caso. Durante este período de tratamiento, el suelo va evolucionando respecto de su condición físico química inicial, normalizándose sus parámetros y permitiendo la adopción de cambios de cultivos.

Se recalca que **este conjunto de tratamientosserá recomendado sólo en el contexto de escenarios que contemplen mejoramiento real de Calidad de Aguas**, debido a que el agua de riego en esta zona es uno de los principales contaminantes del suelo en cuanto a todos los parámetros ya descritos. Tratar suelos (principalmente en Calama) sin mejorar la calidad del agua de riego, no tiene sentido práctico, ya que se volverá a contaminar en el corto plazo. Tampoco sentido económico, ya que no es factible desarrollar una agricultura con especies rentables intolerantes al agua de riego sin tratar. Viceversa también, es decir,**el mejoramiento en la calidad de agua para riego debe necesariamente estar acompañado por un mejoramiento de las condiciones físico químicas del suelo,** de modo que la adaptación de nuevas especies y sus rendimientos sean los esperados. Los actuales niveles de conductividad eléctrica, de sodio, boro, arsénico, cloruros, etc., en los suelos de Calama, no permitirían cultivar otra cosa que no sea maíz y alfalfa, aunque se mejorara la calidad del agua.

#### 14.2.1.9. Diseño de Estrategias de Manejo por Sectores

Profundizando el análisis de integración de prácticas de manejo agronómico y conociendo las condiciones requeridas para su efectividad, se procede a dar aplicabilidad a éstas en función del resultado de la caracterización de suelos, la que se basó en la confección de calicatas en realización de muestreos y análisis de laboratorio de éstas.

Se debe ser enfático en señalar que, dada la cantidad de muestreos realizados en proporción a la superficie total del área de estudio, este diagnóstico constituye sólo un referente general de la situación físico química en que se encuentran los suelos del área por sub sector, por lo que las recomendaciones que del presente análisis puedan emanar, son sólo de carácter general, siendo necesario para efectos de implementar un plan de habilitación y manejo de situaciones particulares de campo, los correspondientes muestreos y análisis específicos, cuyo número y tipo dependerá de cada situación en particular, a determinar por un especialista de suelos en terreno.

Al integrar las prácticas descritas, es esperable que los primeros parámetros en ir normalizando sus niveles sean la salinidad y los contenidos de sodio en las primeras estratas del suelo. La práctica de lavados consecutivos en el tiempo tiende a formar una estrata de acumulación de sales después de los 30 cm de profundidad. Secundariamente, se espera una

rectificación de los niveles de materia orgánica y nutrientes en el suelo también en la capa arable, en la medida que se implemente un programa de fertilización e incorporación de guano asociado al manejo de cultivos.

Según el caso, los últimos parámetros en normalizarse serían entre otros, el arsénico y el boro, en especial en los suelos de Calama, donde el efecto de estos tratamientos es despreciable al corto plazo, demandando de varias décadas su normalización. En estos casos, prácticamente habría que reemplazar la capa de suelo cultivable, a través de consecutivos aportes de materia orgánica y de rellenos con sustratos foráneos no contaminados.

De esta forma y en términos económico prácticos, la batería de tratamiento de suelos descrita **debe ser enfocada mejorar los primeros 30 cm de suelo**, porción del perfil factible de laborear, lavar, de fertilizar, de mejorar con materia orgánica, de rellenar con aporte de otros sectores y factible también de cultivar con especies hortícolas de arraigamiento superficial. De esta forma, el problema de contaminación con sales, sodio, boro y arsénico, destinado a desaparecer en el largo plazo, queda relegado a estratas bajo los 30 cm de profundidad. Esto se ve reflejado en el resultado de los análisis de laboratorio presentados en la ET1 de este estudio, donde queda de manifiesto que las mayores concentraciones de los principales contaminantes se encuentran en las muestras tomadas bajo los 50 cm de profundidad, producto del manejo agrícola y el riego actual.

En relación a lo anterior y tal como queda representado en la estructura de cultivos propuesta para Situación Con Proyecto, en escenarios que contemplan calidad de aguas, se descarta la posibilidad de cultivar especies frutales tradicionales en Calama, dado su hábito de arraigamiento profundo y su gran sensibilidad a contenidos de sal, boro y cloruros muy inferiores a los que realmente existen en los suelos del área de estudio. Esta afirmación queda corroborada por la absoluta inexistencia de plantaciones frutales actualmente en la zona.

Los tratamientos propuestos, como los lavados, enmiendas cálcicas o de azufre, fertilización N-P-K e incorporación de materia orgánica estabilizada, están planteadas, en su fase intensiva, en un horizonte promedio de 5 años, (pueden llegar hasta 15 en casos de mayor contaminación), durante los cuales se espera una progresiva evolución que permitirá ir cultivando en forma gradual las nuevas especies propuestas e ir implementando nuevas tecnologías de manejo e inversión en general, por lo que es recomendable monitorear cada 2 o 3 años esta evolución en el suelo, de manera de implementar cambios en forma segura y de adecuar la dosificación de los tratamientos.

Una secuencia lógica de integración de prácticas orientadas a mejorar y corregir los suelos, debe considerar en términos generales:

- Parcialización anual deuna dosis de yeso agrícola, aplicando con trompo o manualmente previo subsolado en primavera, con los primeros riegos (suelo húmedo). Al mismo tiempo se puede incorporar la materia orgánica adecuadamente compostada y la dosis de pre-siembra de fertilización (N-P-K) diseñada según análisis de suelo y según el cultivo a sembrar. Se debe dar especial atención a este tema, dada la intensidad de lavado de sales durante los primeros años de tratamiento, en que de forma segura se producirá arrastre de nutrientes fuera de la porción utilizable del suelo.

- Posteriormente se incorporan estos productos con una o dos pasadas cruzadas de rastra de discos, que permita su distribución homogénea en los primeros 30 cm de profundidad. Así se deja reaccionar algunos días y luego se procede a lavar el suelo por tendido con abundante **agua tratada**.

- Especial cuidado se debe tener con la rotación de cultivos, de manera de no acumular inóculos fito-patógenos en el suelo (Alternaria en zanahoria). También con origen y tratamiento adecuado del guano a aplicar, de forma de no transportar en éste, semillas de malezas a los terrenos agrícolas (Mostaza Negra).

- Durante las primeras temporadas se recomienda seguir regando por tendido para potenciar el efecto lavado de este método, antes de cambiar a tecnología de tecnificación. En su defecto, si ya se ha instalado tecnificación, se recomienda igualmente regar un par de veces por tendido como práctica de lavado.

- Se recomienda a su vez, a final de temporada, lavar nuevamente el suelo e incorporar residuos de cosecha, para permitir su descomposición y aprovecharlos como materia orgánica y así aguardar el inicio de un nuevo ciclo la siguiente temporada, hasta que en el transcurrir de estas, los análisis de suelo reflejen condiciones apropiadas para el establecimiento de nuevas especies de cultivo en el contexto de una Situación Con Proyecto.

- Cabe también señalar, que la integración de estos tratamientos debe coexistir con el desarrollo de los cultivos año a año, ya que los predios no pueden dejar de producir. De esta forma, es recomendable hacer preferentemente cultivos anuales que permitan en ciertos meses realizar subsolado, lavado e incorporación de productos sin destruir cultivos. Así también es recomendable la rotación de potreros a tratar, dando prioridad al tratamiento a algunos y a la producción a otros.

Teniendo este orden general de prácticas a implementar, es posible determinar la intensidad de cada tratamiento en función de la dimensión en que se encuentran los niveles de los principales parámetros de contaminación existentes en el suelo, de manera de poder

elaborar un plan para cada situación, donde sustancialmente cambiarán de un suelo a otro, la dosificación de las enmiendas, la intensidad de lavado, la cantidad de parcialidades de materia orgánica a incorporar o medidas de mayor envergadura como la sustitución parcial del suelo.

Se presenta en el Cuadro 14.2.1.9-1 un resumen del diagnóstico de suelos con los resultados de mayor relevancia en la identificación de las principales problemáticas y restricciones al uso agrícola, constituyendo esta información, una base para diseñar planes referenciales de manejo para cada sector o sub sector de riego.

Se aprecia en forma clara, para cada uno de los parámetros descritos, la dimensión de sus contenidos en los suelos de cada sub sector de riego, graficando con achurado oscuro, aquellos valores que sobrepasan los límites considerados como aceptables para desarrollar agricultura, corroborado por la columna "Nº de veces" que se sobrepasa la norma o los niveles aceptables internacionalmente en cada caso.

De esta forma, es factible en términos generales, diseñar para cada sub sector de riego, una estrategia de manejo ajustada a la dimensión de las principales restricciones identificadas en sus suelos, constituyendo esto una pauta referencial de cómo proceder en la habilitación de un suelo de estos con el objetivo de desarrollar agricultura, en el marco eventual de una Situación Con Proyecto **que asocie mejoramiento de calidad de aguas para riego**.

**CUADRO 14.2.1.9-1**
**INDICADORES DE MEDICION EN PARÁMETROS CRITICOS**
**DE CARACTERIZACION DE SUELOS POR SUB SECTOR**

| Sub sector de Riego | Nº Calicatas | N° Muestras | pH | Materia Orgánica | | Densidad Aparente | Salinidad | | | CIC | Sodio | | | Boro | | | Arsénico | | | Cloruro | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | % | Interpretación | DA | C.E. (dS/m) | RAS | Interpretación | | meq/100 g | Nº veces la norma | Interpretación | mg/kg | Nº veces la norma | Interpretación | mg/kg | Nº veces la norma | Interpretación | meq/L | Nº veces la norma | Interpretación |
| **Calama** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abaroa | 1 | 1 | 8,8 | 2,3 | Normal | | 11,7 | 27 | Salino Sódico | 19,8 | 5,2 | 10,2 | Muy Alto | 30,5 | 20,3 | Excesivo | 53,3 | 2,7 | Excesivo | 102 | 3,4 | Severo |
| Canal Coco La Villa | 5 | 7 | 8,5 | 4,13 | Muy Alto | 1,36 | 5,41 | 13,29 | Salino Sódico | 24,3 | 5,29 | 10,4 | Muy Alto | 34,91 | 23,3 | Excesivo | 280,1 | 14,0 | Excesivo | 45,29 | 1,5 | Severo |
| Canal Radich | 1 | 1 | 9,2 | 1,3 | Bajo | 1,42 | 4,2 | 18 | Salino Sódico | 15,5 | 2,9 | 5,7 | Muy Alto | 15,1 | 10,1 | Excesivo | 47,1 | 2,4 | Excesivo | 34 | 1,1 | Severo |
| Canal Tambores | 4 | 6 | 8,98 | 1,92 | Bajo | 1,62 | 4,43 | 15 | Salino Sódico | 16,72 | 3,27 | 6,4 | Muy Alto | 14,8 | 9,9 | Excesivo | 53,28 | 2,7 | Excesivo | 37,33 | 1,2 | Severo |
| Canal Topater | 3 | 5 | 8,88 | 2,56 | Normal | 1,58 | 6,02 | 17,6 | Salino Sódico | 19,98 | 5,22 | 10,2 | Muy Alto | 20,28 | 13,5 | Excesivo | 54,56 | 2,7 | Excesivo | 54 | 1,8 | Severo |
| Cerro Negro | 8 | 12 | 8,4 | 3,69 | Alto | 0,79 | 5,16 | 11,88 | Salino Sódico | 22,28 | 3,64 | 7,1 | Muy Alto | 31,55 | 21,0 | Excesivo | 86,43 | 4,3 | Excesivo | 44,05 | 1,5 | Severo |
| Chunchuri Alto | 7 | 13 | 8,87 | 2,05 | Normal | 1,48 | 5,02 | 14,75 | Salino Sódico | 18,82 | 3,69 | 7,2 | Muy Alto | 32,29 | 21,5 | Excesivo | 297,89 | 14,9 | Excesivo | 42,85 | 1,4 | Severo |
| Chunchuri Bajo | 11 | 17 | 8,87 | 1,96 | Bajo | 1,63 | 10,05 | 16,45 | Salino Sódico | 17,3 | 3,8 | 7,5 | Muy Alto | 25,84 | 17,2 | Excesivo | 124,01 | 6,2 | Excesivo | 84,28 | 2,8 | Severo |
| La Banda | 7 | 9 | 9,1 | 1,83 | Bajo | 1,76 | 2,88 | 11,25 | Sódico | 14,24 | 1,87 | 3,7 | Muy Alto | 20,21 | 13,5 | Excesivo | 45,73 | 2,3 | Excesivo | 22,7 | 0,8 | Alto |
| La Cascada | 3 | 4 | 8,65 | 2,48 | Normal | 1,33 | 21,28 | 26,75 | Salino Sódico | 22,08 | 6,33 | 12,4 | Muy Alto | 38 | 25,3 | Excesivo | 77,85 | 3,9 | Excesivo | 206,5 | 6,9 | Severo |
| Levante | 5 | 7 | 9,01 | 2,27 | Normal | 1,61 | 4,66 | 13,86 | Salino Sódico | 17,09 | 3,34 | 6,5 | Muy Alto | 15,2 | 10,1 | Excesivo | 57,8 | 2,9 | Excesivo | 37,14 | 1,2 | Severo |
| Likankatay | 4 | 6 | 8,67 | 2,92 | Normal | 0,79 | 6,75 | 18,5 | Salino Sódico | 21,83 | 4,5 | 8,8 | Muy Alto | 52,68 | 35,1 | Excesivo | 63,9 | 3,2 | Excesivo | 65,33 | 2,2 | Severo |
| Ojo Apache | 2 | 3 | 8,43 | 1,9 | Bajo | 1,41 | 111,73 | 56,67 | Salino Sódico | 29,73 | 9,1 | 17,8 | Muy Alto | 46,97 | 31,3 | Excesivo | 103,73 | 5,2 | Excesivo | 672 | 22,4 | Severo |
| Quechua | 1 | 1 | 8 | 5,1 | Muy Alto | 0,8 | 21,4 | 16 | Salino Sódico | 31,5 | 9,1 | 17,8 | Muy Alto | 108 | 72,0 | Excesivo | 325 | 16,3 | Excesivo | 144 | 4,8 | Severo |
| Verdes Campiñas | 5 | 7 | 8,36 | 1,86 | Bajo | 1,79 | 6,24 | 7,7 | Salino No Sódico | 18,4 | 2,42 | 4,7 | Muy Alto | 38,87 | 25,9 | Excesivo | 59,93 | 3,0 | Excesivo | 36 | 1,2 | Severo |
| Yalquincha | 3 | 5 | 8,72 | 1,45 | Bajo | 0,9 | 15,04 | 26,2 | Salino Sódico | 19,98 | 5,18 | 10,2 | Muy Alto | 50,18 | 33,5 | Excesivo | 55,3 | 2,8 | Excesivo | 135,2 | 4,5 | Severo |
| **Otros Territorios** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ayquina | 2 | 2 | 8,7 | **2,25** | Normal | 1,48 | 15,45 | 16,5 | Salino Sódico | 18,75 | **5,55** | 10,9 | Muy Alto | 16,25 | 10,8 | Excesivo | 6,2 | - | Excesivo | 145,5 | 4,9 | Severo |
| Chiu Chiu | 10 | 10 | 9,09 | 1,59 | Bajo | 1,46 | **2,79** | 7,88 | Salino | 15,75 | **1,7** | 3,3 | Muy Alto | 10,43 | 7,0 | Excesivo | 20,12 | 1,0 | Excesivo | 19,38 | - | Alto |
| Lasana | 7 | 7 | 8,85 | 1,33 | Bajo | 1,51 | 5,53 | 9,37 | Salino | 15,18 | **1,92** | 3,8 | Muy Alto | 11,34 | 7,6 | Excesivo | 15,76 | - | Alto | 41,63 | 1,4 | Severo |
| Panire | 1 | 1 | 8,5 | **2,2** | Normal | 1,48 | **2** | 2,1 | No Salino | 22,3 | **1,5** | 2,9 | Muy Alto | 2,7 | 1,8 | Excesivo | 2,78 | - | Satisfactorio | 7,1 | - | Medio |
| Turi | 10 | 10 | 9,11 | 1,34 | Bajo | 1,48 | 4,43 | 12,54 | Salino Sódico | 14,96 | **2,09** | 4,1 | Muy Alto | 13,24 | 8,8 | Excesivo | 23,66 | 1,2 | Excesivo | 64,55 | 2,2 | Severo |

Conductividad Eléctrica = No salinos: 0-2; ligeramente salinos: 2-4; medianamente salinos: 4-8; fuertemente salinos: 8-16; extremadamente salinos: mayor a 16 mS/cm

RAS = Mayores a 15, los suelos presentan problemas severos de sodificación.

Materia Orgánica (%) = Muy Bajo:<1; Bajo: 1,0 a 1,9; Normal; 2,0 a 3,0; Alto: 3,0 a 4,0; Muy Alto: >4,0

Sodio intercambiable = Muy Bajo: ≤0,15; Bajo: 0,16 a 0,20; Medio: 0,21 a 0,30; Adecuado:0,31 a 0,40; Alto: ≥0,51

Boro (Extracto Saturado) = Muy Bajo:<0,2 mg/kg; Bajo: 0,2 a 0,7 mg/kg; Normal: 0,7 a 1,5 mg/kg; Excesivo: >1,5 mg/kg

Arsénico (pH>6,5): 20 mg/kg

Cloruro: Satisfactorio: < 5 meq/L; Medio: 5 a 10 meq/L; Severo: >30 meq/L

Fuente: Elaboración propia

El presente análisis elabora una **propuesta básica de tratamientos** enfocada a solucionar los problemas específicos que afectan a cada sub sector de riego, según los resultados de laboratorio presentados anteriormente, provenientes del diagnóstico de suelos.Se diseña así una batería referencial de tratamientos y labores necesarias de aplicar en un horizonte variable de tiempo y que son enumerados a continuación:

- **Labores mecánicas:** determinados según requerimientos de drenaje e incorporación de enmiendas y materia orgánica.
- **Lavado de Suelos:** según niveles de CE y en asociación a aplicaciones de enmiendasen general
- **Enmienda Sulfato de Calcio**: Determinado en base a la CIC y al Sodio intercambiable (meq/100gr) requerimiento para bajar el PSI al 5%
- **Enmienda Azufre:** Determinado en base a condiciones de pH, CIC y Sodio intercambiable, enfocado a nivelar pH y sodicidad
- **Aplicación de Guano:** Según nivel de deficiencia de materia orgánica y según niveles de contaminación con Boro y Arsénico (efecto sustitución)
- **Incorporación de suelo foráneo:** En casos de contaminación severa con Boro y Arsénico, donde solo es factible suplantar el sustrato para poder cultivar
- **Cultivos posibles:** recomendaciones en base a los niveles iniciales de contaminación y a la evolución de estos en el tiempo
- **Manejo del Riego:** Según tipo de cultivo recomendado y al año de tratamiento.
- **Manejo Fitosanitario:** Recomendaciones generales según problemática fitosanitaria del sector de riego y de la zona en general

Se presenta en los Cuadros 15.2.1.9-3 y 15.2.1.9-4, una propuesta referencial de cómo se compone la batería de tratamientos necesarios de aplicar en cada situación de suelos (sub sector de riego) en función de los resultados del diagnóstico presentados anteriormente.

El resumen del diagnóstico de suelos presentado, en asociación con el detallado conjunto de medidas y tratamientos referenciales diseñado para cada sub sector de riego, permite visualizar claramente que, independientemente del escenario de mejoramiento en las condiciones de riego planteados para el área de estudio, la condición de contaminación de la mayor parte de los suelos es de tal magnitud en algunos sectores, que hacen impracticable la agricultura al corto plazo (salvo variedades tolerantes de maíz y alfalfa). Por el contrario, requiriendo en muchos casos de períodos prolongados de tiempo de tratamiento, sin posibilidad de hacer cultivos rentables y asociando, además, costos demasiado elevados haciendo inviable económicamente cualquier proyecto agrícola.

En general y como se distingue en los cuadros presentados, esta situación es transversal a la mayor parte de los suelos de Calama, donde en especial los niveles de Boro y

Arsénico, que incluso quitan importancia a los elevados niveles de CE y de Sodio existentes, dada la escasa factibilidad de tratarlos a corto plazo.

De lo anterior se deriva que en sectores analizados como los regados por los canales Coco La Villa, Cerro Negro, Chunchuri Alto, La Cascada, Likankatay, Ojo Opache, Comunidad Quechua y Yalquincha, sin olvidar el carácter referencial del muestreo y del diagnóstico, deban transcurrir de 4 a 5 años sin posibilidad de explotar los suelos con otros cultivos en los casos menos graves, hasta 15 años en los casos de mayor gravedad (a menos que se reemplace por completo el suelo), producto de los excesivos niveles de Boro y Arsénico. Solamente es factible un cambio a corto plazo en Calama (en forma referencial) en los sectores regados por los canales La Banda y Canal Radich, donde implementando la batería de tratamientos recomendados, es factible incursionar en producción de hortalizas al corto plazo, obviamente considerando un cambio radical en la calidad del agua de riego.

Tanto el diagnóstico como las recomendaciones presentadas para el sector de Chiu Chiu Lasana, indican que la situación de sus suelos permite; al implementar los indicados tratamientos, innovar en alternativas de cultivos y de implementar tecnificación al proceso productivo en el corto plazo, considerando el mencionado cambio en la calidad actual del agua, permitiendo así acceder a estos productores a mejores condiciones de comercialización para su hortaliza.

En los subsectores de Ayquina y Turi la situación en cuanto a potencialidad de cultivo, estrictamente asociada a calidad de suelos, es relativamente similar, dado que se requieren tratamientos de suelos a una escala alcanzable al corto plazo para efectos de habilitarlos para innovar en especies hortícolas. No obstante, deben considerarse aspectos agroclimáticos para determinar adaptabilidad.

## CUADRO 14.2.1.9-3
## BATERÍA REFERENCIAL DE TRATAMIENTOS DE SUELO POR SUB SECTOR EN FUNCIÓN DEL DIAGNÓSTICO, SECTOR DE CALAMA

| Sub Sector de Riego | Labores mecánicas | Lavado de Suelos | Enmienda Sulfato de Calcio (t/ha) | Enmienda Azufre (t/ha) | Aplicación de Guano (t/ha) | Incorporación de suelo foráneo | Cultivos a implementar | Manejo del Riego | Manejo Fitosanitario Preventivo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sector Calama | | | | | | | | | |
| Abaroa | • Subsolador: subsolado profundo una vez al año a inicio de temporada previo a lavado<br>• Arado de discos: Incorporación anual de enmiendas químicas y guano<br>• Rastra de discos: Picado e incorporaciónde rastrojos post cosecha(s) | • Lavado intenso a inicio temporada 6.000 m³/ha agua<br>• Considerar fracción de lavado en cultivos regados por goteo<br>• Segundo lavado en verano entre siembras 6.000 m³/ha | • 12,5 en 5 parcialidades de 2,5 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | • 4,5 en 5 parcialidades de 0,9 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | • Según índices de MO no se requiere, pero por los excesivos niveles de As y B presentes, aplicar 2 ton. anuales por 5 años. | • En la medida de lo posible hacer aportes en platabandas de cultivo o camellones, dados los excesivos niveles de As y B presentes. | • Primeros 3 años con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa<br>• Temporada 4 en adelante ir implementando progresivamente producción hortalizas, solo si los tratamientos recomendados logran bajar los índices de CE, pH, Na, As, B y Cl a la norma. | • Primeros 3 años con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa riego por tendido<br>• Temporada 4 en adelante ir implementando progresivamente producción de hortalizas asociando tecnificación | • No fertilizar con guano proveniente de zonas infestadas con Mostaza Negra.● Hacer limpieza de implementos de labranza usados en otros predios.<br>• Mantener canales y acequias de riego libres de maleza en forma permanente● No alimentar animales con fardos provenientes de sectores infestados |
| Canal Coco La Villa | | • Lavado intenso a inicio temporada 4.000 m³/ha agua<br>• Considerar fracción de lavado en cultivos regados por goteo<br>• Segundo lavado en verano entre siembras 4.000 m³/ha | • 11,6 en 5 parcialidades de 2,32 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | • 4 en 5 parcialidades de 0,8 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | | | • Primeros 5 años con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa<br>• Temporada 6 en adelante ir implementando progresivamente producción hortalizas, solo si los tratamientos recomendados logran bajar los índices de CE, pH, Na, As, B y Cl a la norma. | • Primeros 5 años con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa riego por tendido<br>• Temporada 6 en adelante ir implementando progresivamente producción de hortalizas asociando tecnificación | • No fertilizar con guano proveniente de zonas infestadas con Mostaza Negra.<br>• Hacer limpieza de implementos de labranza usados en otros predios.<br>• ● Mantener canales y acequias de riego libres de maleza en forma permanente<br>• No alimentar animales con fardos provenientes de sectores infestados<br>• Potreros con infestación no deben vender fardos ni guano a otros predios<br>• Acatar oportunamente programa de control aún en estudio por INIA |
| Canal Radich | | • Lavado intenso a inicio temporada 3.000 m³/ha agua<br>• Considerar fracción de lavado en cultivos regados por goteo<br>• Segundo lavado en verano entre siembras 3.000 m³/ha | • 7 en 5 parcialidades de 1,4 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | • 2,7 en 5 parcialidades de 0,54 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | • 140,3 t aplicadas en parcialidades de 9,35 anuales por 15 años | | • Primeros 2 años con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa<br>• Temporada 3 en adelante ir implementando progresivamente producción hortalizas, solo si los tratamientos recomendados logran bajar los índices de CE, pH, Na, As, B y Cl a la norma. | • Primeros 2 años con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa riego por tendido<br>• Temporada 3 en adelante ir implementando progresivamente producción de hortalizas asociando tecnificación | • ● No fertilizar con guano proveniente de zonas infestadas con Mostaza Negra<br>• Hacer limpieza de implementos de labranza usados en otros predios.<br>• Mantener canales y acequias de riego libres de maleza en forma permanente<br>• No alimentar animales con fardos provenientes de sectores infestados |
| Canal Tambores | | | • 9 en 5 parcialidades de 1,8 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | • 4 en 5 parcialidades de 0,8 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | • 15,6 t aplicadas en parcialidades de 3,12 anuales por 5 años | | • Primeros 3 años con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa<br>• Temporada 4 en adelante ir implementando progresivamente producción hortalizas, solo si los tratamientos recomendados logran bajar los índices de CE, pH, Na, As, B y Cl a la norma. | • Primeros 3 años con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa riego por tendido<br>• Temporada 4 en adelante ir implementando progresivamente producción de hortalizas asociando tecnificación | |
| Canal Topater | | • Lavado intenso a inicio temporada 5.000 m³/ha agua<br>• Considerar fracción de lavado en cultivos regados por goteo<br>• Segundo lavado en verano entre siembras 5.000 m³/ha | • 12,5 en 5 parcialidades de 2,5 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | • 4,5 en 5 parcialidades de 0,9 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | • Según índices de MO no se requiere, pero por los excesivos niveles de As y B presentes, aplicar 2 ton. anuales por 5 años. | | | | |

Fuente: Elaboración propia

## CUADRO 14.2.1.9-3 (CONTINUACIÓN)
## BATERÍA REFERENCIAL DE TRATAMIENTOS DE SUELO POR SUB SECTOR EN FUNCIÓN DEL DIAGNÓSTICO, SECTOR DE CALAMA

| Sub Sector de Riego | Labores mecánicas | Lavado de Suelos | Enmienda Sulfato de Calcio (t/ha) | Enmienda Azufre (t/ha) | Aplicación de Guano (t/ha) | Incorporación de suelo foráneo | Cultivos a implementar | Manejo del Riego | Manejo Fitosanitario Preventivo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sector Calama | | | | | | | | | |
| Cerro Negro | • ● Subsolador: subsolado profundo una vez al año a inicio de temporada previo a lavado<br>• ● Arado de discos: Incorporación anual de enmiendas químicas y guano<br>• Rastra de discos: Picado e incorporaciónde rastrojos post cosecha(s) | • Lavado intenso a inicio temporada 4.000 m³/ha agua<br>• Considerar fracción de lavado en cultivos regados por goteo<br>• Segundo lavado en verano entre siembras 4.000 m³/ha | • 7 en 5 parcialidades de 1,4 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | • 2,7 en 5 parcialidades de 0,54 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | • Según índices de MO no se requiere, pero por los excesivos niveles de As y B presentes, aplicar 2 ton. anuales por 5 años. | • En la medida de lo posible hacer aportes en platabandas de cultivo o camellones, dados los excesivos niveles de As y B presentes. | • Primeros 4 años con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa<br>• Temporada 5 en adelante ir implementando progresivamente producción hortalizas, solo si los tratamientos recomendados logran bajar los índices de CE, pH, Na, As, B y Cl a la norma. | • Primeros 4 años con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa riego por tendido<br>• Temporada 5 en adelante ir implementando progresivamente producción de hortalizas asociando tecnificación | • No fertilizar con guano proveniente de zonas infestadas con Mostaza Negra.<br>• Hacer limpieza de implementos de labranza usados en otros predios.<br>• Mantener canales y acequias de riego libres de maleza en forma permanente<br>• No alimentar animales con fardos provenientes de sectores infestados<br>• Potreros con infestación no deben vender fardos ni guano a otros predios<br>• Acatar oportunamente programa de control aún en estudio por INIA |
| Chunchuri Alto | | • Lavado intenso a inicio temporada 5.000 m³/ha agua<br>• Considerar fracción de lavado en cultivos regados por goteo<br>• Segundo lavado en verano entre siembras 5.000 m³/ha | • 9 en 5 parcialidades de 1,8 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | • 4 en 5 parcialidades de 0,8 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | • Según índices de MO no se requiere, pero por los excesivos niveles de As y B presentes, aplicar 3 ton. anuales por 5 años. | | • Primeros 5 años con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa<br>• Temporada 6 en adelante ir implementando progresivamente producción hortalizas, solo si los tratamientos recomendados logran bajar los índices de CE, pH, Na, As, B y Cl a la norma. | • Primeros 5 años con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa riego por tendido<br>• Temporada 6 en adelante ir implementando progresivamente producción de hortalizas asociando tecnificación | |
| Chunchuri Bajo | | • Lavado intenso a inicio temporada 6.000 m³/ha agua<br>• Considerar fracción de lavado en cultivos regados por goteo<br>• Segundo lavado en verano entre siembras 6.000 m³/ha | | | • 10 t aplicadas en parcialidades de 2 anuales por 5 años | | • Primeros 3 años con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa<br>• Temporada 4 en adelante ir implementando progresivamente producción hortalizas, solo si los tratamientos recomendados logran bajar los índices de CE, pH, Na, As, B y Cl a la norma. | • ● Primeros 3 años con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa riego por tendido<br>• Temporada 4 en adelante ir implementando progresivamente producción de hortalizas asociando tecnificación | • No fertilizar con guano proveniente de zonas infestadas con Mostaza Negra<br>• Hacer limpieza de implementos de labranza usados en otros predios<br>• ● Mantener canales y acequias de riego libres de maleza en forma permanente<br>• No alimentar animales con fardos provenientes de sectores infestados |
| La Banda | | • ● Lavado intenso a inicio temporada 3.000 m³/ha agua<br>• Considerar fracción de lavado en cultivos regados por goteo | • 3 en 3 parcialidades de 1 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | - | • 35 t aplicadas en parcialidades de 7 anuales por 5 años | - | • Primer año con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa<br>• Temporada 2 en adelante ir implementando progresivamente producción hortalizas, solo si los tratamientos recomendados logran bajar los índices de CE, pH, Na, As, B y Cl a la norma. | • ● Primer año con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa riego por tendido<br>• Temporada 2 en adelante ir implementando progresivamente producción de hortalizas asociando tecnificación | |
| La Cascada | | • Lavado intenso a inicio temporada 6.000 m³/ha agua<br>• Considerar fracción de lavado en cultivos regados por goteo<br>• Segundo lavado en verano entre siembras 6.000 m³/ha | • 15,5 en 5 parcialidades de 3,1 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | • 5 en 5 parcialidades de 1 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | • Según índices de MO no se requiere, pero por los excesivos niveles de As y B presentes, aplicar 2 ton. anuales por 5 años. | • En la medida de lo posible hacer aportes en platabandas de cultivo o camellones, dados los excesivos niveles de As y B presentes. | • Primeros 4 años con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa<br>• Temporada 5 en adelante ir implementando progresivamente producción hortalizas, solo si los tratamientos recomendados logran bajar los índices de CE, pH, Na, As, B y Cl a la norma. | • Primeros 4 años con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa riego por tendido<br>• Temporada 5 en adelante ir implementando progresivamente producción de hortalizas asociando tecnificación | |

Fuente: Elaboración propia

## CUADRO 14.2.1.9-3 (CONTINUACION)
## BATERÍA REFERENCIAL DE TRATAMIENTOS DE SUELO POR SUB SECTOR EN FUNCIÓN DEL DIAGNÓSTICO, SECTOR DE CALAMA

| Sub Sector de Riego | Labores mecánicas | Lavado de Suelos | Enmienda Sulfato de Calcio (t/ha) | Enmienda Azufre (t/ha) | Aplicación de Guano (t/ha) | Incorporación de suelo foráneo | Cultivos a implementar | Manejo del Riego | Manejo Fitosanitario Preventivo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sector Calama | | | | | | | | | |
| Levante | • Subsolador: subsolado profundo una vez al año a inicio de temporada previo a lavado<br>• Arado de discos: Incorporación anual de enmiendas químicas y guano<br>• Rastra de discos: Picado e incorporación de rastrojos post cosecha(s) | • Lavado intenso a inicio temporada 3.000 m³/ha agua<br>• Considerar fracción de lavado en cultivos regados por goteo<br>• Segundo lavado en verano entre siembras 3.000 m³/ha | • 7 en 5 parcialidades de 1,4 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | • 2,7 en 5 parcialidades de 0,54 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | • Según índices de MO no se requiere, pero por los excesivos niveles de As y B presentes, aplicar 2 ton. anuales por 5 años. | • En la medida de lo posible hacer aportes en platabandas de cultivo o camellones, dados los excesivos niveles de As y B presentes. | • Primeros 3 años con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa<br>• Temporada 4 en adelante ir implementando progresivamente producción hortalizas, solo si los tratamientos recomendados logran bajar los índices de CE, pH, Na, As, B y Cl a la norma. | • Primeros 3 años con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa riego por tendido<br>• Temporada 4 en adelante ir implementando progresivamente producción de hortalizas asociando tecnificación | • No fertilizar con guano proveniente de zonas infestadas con Mostaza Negra<br>• Hacer limpieza de implementos de labranza usados en otros predios<br>• Mantener canales y acequias de riego libres de maleza en forma permanente<br>• No alimentar animales con fardos provenientes de sectores infestados |
| Likankatay | | • Lavado intenso a inicio temporada 4.000 m³/ha agua<br>• Considerar fracción de lavado en cultivos regados por goteo<br>• Segundo lavado en verano entre siembras 4.000 m³/ha | • 10 en 5 parcialidades de 2 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | • 4 en 5 parcialidades de 0,8 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | • Según índices de MO no se requiere, pero por los excesivos niveles de As y B presentes, aplicar 3 ton. anuales por 5 años. | | • Primeros 5 años con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa<br>• Temporada 6 en adelante ir implementando progresivamente producción hortalizas, solo si los tratamientos recomendados logran bajar los índices de CE, pH, Na, As, B y Cl a la norma. | • Primeros 5 años con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa riego por tendido<br>• Temporada 6 en adelante ir implementando progresivamente producción de hortalizas asociando tecnificación | |
| Ojo Apache | | • Lavados intensos consecutivos el primer año sin cultivo 6.000 m³/ha agua | • 24 en 10 parcialidades de 2,4 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | • 8 en 10 parcialidades de 0,8 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | • 18 t aplicadas en parcialidades de 3,6 anuales por 5 años | | • ● Primer año sin cultivos, solo lavado y enmiendas<br>• Años 2 al 8 con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa<br>• Temporada 9 en adelante ir implementando progresivamente producción hortalizas, solo si los tratamientos recomendados logran bajar los índices de CE, pH, Na, As, B y Cl a la norma. | • Primer año sin cultivos, solo lavado y enmiendas<br>• Años 2 al 8 con Maíz y Alfalfa riego por tendido<br>• Temporada 9 en adelante ir implementando progresivamente producción de hortalizas asociando tecnificación | |
| Quechua | | • Lavado intenso a inicio temporada 6.000 m³/ha agua<br>• Considerar fracción de lavado en cultivos regados por goteo<br>• Segundo lavado en verano entre siembras 6.000 m³/ha | | | • Según índices de MO no se requiere, pero por los excesivos niveles de As y B presentes, aplicar 3 ton. anuales por 5 años. | | • ● Primeros 8 años con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa<br>• Temporada 9 en adelante ir implementando progresivamente producción hortalizas, solo si los tratamientos recomendados logran bajar los índices de CE, pH, Na, As, B y Cl a la norma. | • Primeros 8 años con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa riego por tendido<br>• Temporada 9 en adelante ir implementando progresivamente producción de hortalizas asociando tecnificación | |
| Verdes Campiñas | | • Lavado intenso a inicio temporada 3.000 m³/ha agua<br>• Considerar fracción de lavado en cultivos regados por goteo<br>• Segundo lavado en verano entre siembras 3.000 m³/ha | • ● 3 en 3 parcialidades de 1 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | • - | • 30 t aplicadas en parcialidades de 6 anuales por 5 años | | • ● Primeros 3 años con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa<br>• Temporada 4 en adelante ir implementando progresivamente producción hortalizas, solo si los tratamientos recomendados logran bajar los índices de CE, pH, Na, As, B y Cl a la norma. | • Primeros 3 años con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa riego por tendido<br>• Temporada 4 en adelante ir implementando progresivamente producción de hortalizas asociando tecnificación | ● No fertilizar con guano proveniente de zonas infestadas con Mostaza Negra.● Hacer limpieza de implementos de labranza usados en otros predios.<br>● Mantener canales y acequias de riego libres de maleza en forma permanente ● No alimentar animales con fardos provenientes de sectores infestados● Potreros con infestación no deben vender fardos ni guano a otros predios● Acatar oportunamente programa de control aún en estudio por INIA |

## CUADRO 14.2.1.9-3 (CONTINUACION)
## BATERÍA REFERENCIAL DE TRATAMIENTOS DE SUELO POR SUB SECTOR EN FUNCIÓN DEL DIAGNÓSTICO, SECTOR DE CALAMA

| Sub Sector de Riego | Labores mecánicas | Lavado de Suelos | Enmienda Sulfato de Calcio (t/ha) | Enmienda Azufre (t/ha) | Aplicación de Guano (t/ha) | Incorporación de suelo foráneo | Cultivos a implementar | Manejo del Riego | Manejo Fitosanitario Preventivo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Sector Calama** | | | | | | | | | |
| Yalquincha | • Subsolador: subsolado profundo una vez al año a inicio de temporada previo a lavado<br>• Arado de discos: Incorporación anual de enmiendas químicas y guano<br>• Rastra de discos: Picado e incorporación de rastrojos post cosecha(s) | • Lavado intenso a inicio temporada 6.000 m³/ha agua<br>• Considerar fracción de lavado en cultivos regados por goteo ● Segundo lavado en verano entre siembras 6.000 m³/ha | • 12,5 en 5 parcialidades de 2,5 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | • 4,5 en 5 parcialidades de 0,9 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | • 62 t aplicadas en parcialidades de 7,75 anuales por 8 años | • En la medida de lo posible hacer aportes en platabandas de cultivo o camellones, dados los excesivos niveles de As y B presentes. | • Primeros 5 años con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa<br>• Temporada 6 en adelante ir implementando progresivamente producción hortalizas, solo si los tratamientos recomendados logran bajar los índices de CE, pH, Na, As, B y Cl a la norma. | • Primeros 5 años con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa riego por tendido<br>• Temporada 6 en adelante ir implementando progresivamente producción de hortalizas asociando tecnificación | • No fertilizar con guano proveniente de zonas infestadas con Mostaza Negra<br>• Hacer limpieza de implementos de labranza usados en otros predios<br>• Mantener canales y acequias de riego libres de maleza en forma permanente<br>• No alimentar animales con fardos provenientes de sectores infestados |
| **Otros Territorios** | | | | | | | | | |
| Ayquina | • Subsolador: subsolado profundo una vez al año a inicio de temporada previo a lavado<br>• Arado de discos: Incorporación anual de enmiendas químicas y guano<br>• Rastra de discos: Picado e incorporación de rastrojos post cosecha(s) | • Lavado intenso a inicio temporada 4.000 m³/ha agua<br>• Considerar fracción de lavado en cultivos regados por goteo<br>• Segundo lavado en verano entre siembras 4.000 m³/ha | • 15,5 en 5 parcialidades de 3,1 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | • 5 en 5 parcialidades de 1 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | | | • Desde primer año ir implementando progresivamente producción hortalizas, implementando en paralelo los tratamientos recomendados, para llevar los índices de CE, pH, Na, As, B y Cl a la norma. | • Implementar en forma progresiva tecnificación, asociando fracción de lavado en su operación. | • No fertilizar con guano proveniente de zonas infestadas con Mostaza Negra<br>• Hacer limpieza de implementos de labranza usados en otros predios.<br>• Mantener canales y acequias de riego libres de maleza en forma permanente<br>• No alimentar animales con fardos provenientes de sectores infestados |
| Chiu Chiu | | • Lavado intenso a inicio temporada 3.000 m³/ha agua<br>• Considerar fracción de lavado en cultivos regados por goteo | • 3 en 3 parcialidades de 1 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | | • 74 t aplicadas en parcialidades de 9,25 anuales por 8 años | | | | |
| Lasana | | • Lavado intenso a inicio temporada 3.000 m³/ha agua<br>• Considerar fracción de lavado en cultivos regados por goteo<br>• Segundo lavado en verano entre siembras 3.000 m³/ha | | | • 125 t aplicadas en parcialidades de 12,5 anuales por 10 años | | | | • No fertilizar con guano proveniente de zonas infestadas con Mostaza Negra<br>• Hacer limpieza de implementos de labranza usados en otros predios<br>• Mantener canales y acequias de riego libres de maleza en forma permanente<br>• No alimentar animales con fardos provenientes de sectores infestados<br>• Potreros con infestación no deben vender fardos ni guano a otros predios<br>• Acatar oportunamente programa de control aún en estudio por INIA |
| Paniri | | • Lavado intenso a inicio temporada 3.000 m³/ha agua | • 3 a inicio de temporada solo primer año, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | | | | • Desde primer año ir implementando progresivamente producción hortalizas y frutales con adaptabilidad climática. | • Implementar en forma progresiva tecnificación, asociando fracción de lavado en su operación. | • No fertilizar con guano proveniente de zonas infestadas con Mostaza Negra<br>• Hacer limpieza de implementos de labranza usados en otros predios<br>• Mantener canales y acequias de riego libres de maleza en forma permanente<br>• No alimentar animales con fardos provenientes de sectores infestados |
| Turi | | • Lavado intenso a inicio temporada 3.000 m³/ha agua<br>• Considerar fracción de lavado en cultivos regados por goteo<br>• Segundo lavado en verano entre siembras 3.000 m³/ha | • 3 en 3 parcialidades de 1 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | • 2 en 2 parcialidades de 1 por año a inicio de temporada, previo subsolado y posterior incorporación suelo húmedo. | • 120 t aplicadas en parcialidades de 12 anuales por 10 años | | • Primeros 3 años con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa<br>• Temporada 4 en adelante ir implementando progresivamente producción hortalizas, solo si los tratamientos recomendados logran bajar los índices de CE, pH, Na, As, B y Cl a la norma. | • Primeros 3 años con cultivos tradicionales Maíz y Alfalfa riego por tendido<br>• Temporada 4 en adelante ir implementando progresivamente producción de hortalizas asociando tecnificación | |

Fuente: Elaboración propia

El sector de Paniri, al margen de las mencionadas limitantes agroclimáticas, es el único sector estudiado que presenta el general de sus parámetros bajo la norma para desarrollar agricultura, en particular porque el agua de riego que ocupan proviene de deshielos y afloramientos cuyo origen y cause no están influenciados por fuentes asociadas a los mencionados contaminantes, permitiendo de esta forma, desde el punto de vista de los suelos, cultivar amplia gama de cultivos incluyendo frutales. No obstante, los suelos son poco profundos y extremadamente pedregosos, debiendo ser mejorados poco a poco a pequeña escala familiar.

Como conclusión del presente acápite, considerando el estado físico químico de los suelos descritos, en especial para Calama, la implementación de un plan de mejoramiento de suelos en gran parte de los casos, implica tal cantidad de recursos económicos y de tiempo para lograr una base productiva mínima para desarrollar agricultura convencional, que hace crecer cada vez más la idea de generar escenarios alternativos de proyecto donde a través de adecuada tecnología, sea posible prescindir del suelo como sustrato de cultivo.

### 14.2.2. Tecnificación del Riego

En condiciones actuales no se considera tecnificación, pero en la situación futura se espera al menos la implementación de métodos de riego más eficientes, al menos en algunos sectores del territorio. El modelo de simulación permite incluir este efecto, pero no fue modelado, ya que no se encontraron escenarios que lo justificase.

### 14.2.3. Mejoramiento Infraestructura de Bocatomas y Canales

Esta línea de acción considera el mejoramiento de canales, incluyendo revestimiento de canales, y el mejoramiento de los revestimientos existentes, además de planificar la construcción de bocatomas permanentes. Esta línea de acción fue modelada en el Escenario 1 del Capítulo 11.

### 14.2.4. Construcción Embalse Turi

Se considera la inclusión de un embalse en el sector de Turi, tal como se analizó en los Escenarios 2 y 3 del Capítulo 11.

### 14.2.5. Trasvases y Desvíos

Con el fin de evaluar una eventual mejora en la calidad de las aguas, se propondrán iniciativas tendientes a solucionar o mitigar el problema, aislando aquellos sectores donde se produzca la contaminación de las mismas.

Al respecto, en el Escenario 5 del Capítulo 11, se evaluó el impacto sobre la calidad de las aguas de desviar entre 1 a 3 cauces que aportan alta salinidad al río Salado. En la modelación de este escenario, se concluyó que el impacto sobre la calidad de las aguas, de desviar los cauces más salados hacia algún sector del desierto donde se puedan evaporar, si bien depende de cada parámetro, no es un impacto significativo, por lo que dicho tipo de proyecto, tal y como está concebido no resultaría tan atractivo desde el punto de vista de los beneficios alcanzados.

En resumen, las concentraciones de los parámetros modelados (evaluados en el río Loa a la altura del sector Calama) disminuyen en todos los casos respecto de la situación actual salvo en el caso del arsénico. De este modo, el boro pasa de una media anual de 13,7 mg/L en la situación actual a 11,3 mg/L en el escenario más drástico, lo que se traduce en una disminución del 17,6%. Por su parte la Conductividad Eléctrica pasa de 6.214 µmhos/cm a 5.358 µmhos/cm, lo que equivale a una disminución del 13,8%. Los Cloruros pasan de 1.833 mg/L a 1.571 mg/L entre E0 y S4, lo que equivale a una disminución del 14,3%.

En el caso del arsénico, éste puede subir o bajar su concentración dependiendo de cuál río es el que se desvía, en el mejor de los casos puede bajar de 0,106 mg/L a 0,094 mg/L respecto de E0, lo que equivale a una disminución del 11%.

### 14.2.6. Operación Conjunta Embalse Conchi y Embalse Turi

Se considera también analizar posibles modificaciones a la regla de operación del embalse Conchi, para que por sí solo o en conjunto con el posible embalse río Salado pueda contribuir a mejorar la calidad de las aguas del río Loa aguas abajo de la confluencia con el Salado a través de la mezcla de agua de mala calidad (Salado) con agua de mejor calidad (Loa antes de la junta con Salado).

Esta idea fue evaluada mediante la modelación del Escenario 8, en el que se incluyela presencia del Embalse Turi y se puedan configurar distintos sub escenarios de operación conjunta que permitan mejorar la calidad de las aguas.

### 14.2.7. ReúsodeAguasGrisesy/oServidasTratadas

#### 14.2.7.1. DefiniciónyAlternativasdeTratamiento

Lasaguasgrisesy/oservidastratadas,sonunaalternativaparaeldesarrolloagrícolaenunescenariodeescasezhídrica.Engeneral,estasaguascorrespondenalasaguasresidualesdeusodoméstico,yque,enalgunoscasos,dadalaformaderecolecciónenelsistemadealcantarillado,semezclaconaguasindustrialesdescargadasalalcantarillado.

Entrelascaracterísticasoprincipaleselementosqueformanpartedelasaguasresidualesy quepuedenlimitarsuusoenriegoseencuentran:sólidosensuspensión,materiaorgánicabiodegradable($DBO_5$oDQO),patógenos(bacteriasyvirus),nutrientes(nitrógeno,potasio,fósforo),orgánicosnobiodegradables(tóxicoscomofenoles,pesticidas,etc.),pH,metalespesadosysalinidadexcesiva(productodealtosnivelesde$Na^+$,$B^-$,$Cl^-$ ,o$Mg^+$).Dependiendodelosnivelesdeestosparámetros,existendiversasalternativasdetratamientoqueindividualesocombinadasmejoraránlascaracterísticasdelasaguas,enfunciónderltipodecultivoparaelquesonrequeridas.

Existeunagranvariedaddesistemasdetratamientopararecuperaraguasgrises.Estossistemasutilizanprocesosquepuedenserprimarios(eliminaciónde sólidosgruesosysuspendidos,grasas), secundarios(eliminaciónde sólidosnosedimentables,parcialmentemateriaorgánicasuspendidaypatógenos)oterciarios(compuestosespecíficos, nutrientes). En el Cuadro 14.2.7.1-1,sepresentanalgunostiposdetratamientoparadepuraciónde aguasgrises.

**CUADRO 14.2.7.1-1**
**SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES**

| Tratamiento | Principios |
|---|---|
| LagunasdeSedimentación | Esuntratamientomuysimpleydeconstrucciónde económica,enellassegenerasedimentaciónde sólidosydegradaciónanaeróbicadematerialorgánico |
| Tanqueséptico | Muyusadosenaguasservidasdomésticas,pararemoverlossólidosdemayortamaño.Estáncompuestospor2o3cámaras,enlascualesellodosedimentayesestabilizadopordigestiónanaeróbica |
| EstanquesSedimentadores | Decantaciónde partículasporgravedad.Remuevenademásunapequeñapartedelosmicroorganismos. |
| HumedalesyBiofiltros | Sonsistemasdeinfiltraciónquerequierendepreviasedimentación.Enestasunidadeselaguasedistribuyeenunsistemasub-superficial.Permitenfiltrar,reducirmateriaorgánicadisueltaydisminuirpatógenos. |
| Membranas | Esteprocesousaunamembranasemipermeable,atravésdelacualpasaelaguapordiferenciadepresión,incluyenmicrofiltración,ultrafiltraciónynanofiltraciónyosmosisinversa. |
| Lodosactivados | Esunprocesobiológicoaeróbico,quefuncionaenbaseamicroorganismosloscualesseencuentranenunaconcentraciónpredeterminadadentrodeunestanque,mezcladosconlamateriaorgánica,debidoalaagitaciónde airelosorganismosfloculan. |
| Cloración | Eselprocesodedesinfecciónmásextendido.Esunsistemabaratoyfácildeaplicar.Elproblemadeestetipodesistemaesconcentraciones deradicalesdeclorolibremayoresa0,5mg/L,limitanlaaplicaciónde laguaacultivossensibles. |
| DióxidodeCloro | Seconsideracomounadelasmejoresalternativasalacloraciónconvencional.Esunoxidanteefectivoqueseempleaenaguasconfenolesyeliminalosproblemasdeolores. |
| DesinfecciónporOzono | Laozonizaciónde aguasresidualesactúacomounbactericidayvirucidamuyefectivo,produciendoladestrucciónde éstaspordesintegraciónde laparedcelular. |
| Fotocatálisis | Degradaciónfotocatalíticadecontaminantes,siendoéstosdediversostipos,comoplaguicidas,detergentes,explosivos,metalespesados,residuospeligrososyenocasionesbiológicosinfecciosos. |
| DesinfecciónporrayosUV | LaluzultravioletapenetralapareddelacéluladeunmicroorganismoycausaunareacciónenelADN,causandolamuertecelular,incapacitandoalmicroorganismoparacrecerymultiplicarse. |
| ReactorBiológicoSecuencial | Consisteenunestanqueenelcualsesucedenenformasecuencialeneltiempodiferentesprocesosdeecualización,aireaciónyclarificación.Estosumadoalaúltimatecnologíadebiomasa,permiteeltratamientodeungranespectrodecompuestosorgánicosynutrientes. |
| FiltrodeCarbónActivado | Paralaremociónporadsorciónde compuestosorgánicos. |
| OsmosisInversa | Procesodefiltraciónqueimplicamecanismoscomplejos,atravésdeesteprocesoesposibleremoverpartículas,moléculaseionesquepuedancontaminarelagua. |
| Precipitacióncon cal | Adiciónde caloalgúnotroagentealcalinoparaprecipitarciertoscompuestosenformadehidróxidos.Porejemplo,elfierroyelmanganeso,algunosmetalestóxicos,asícomoelfósforoprecipitanenformadehidróxidosinsolubles. |
| Resinascatiónicasyaniónicas | Sonempleadasparalaremociónde ciertoscontaminantes,puedenremover,nitratos,sulfatosyotrosaniones. |

Fuente:Franco,2007;Viso,2005;DGA,2010.

Paradefinirlacalidaddelaguadereúsoesnecesarioconsideraraspectosdesaludpública,ambientales,agronómicos,limitacionestécnicasentreotras.EnelFigura 14.2.7.1-1sepresentaunresumendecriteriosaconsiderar.

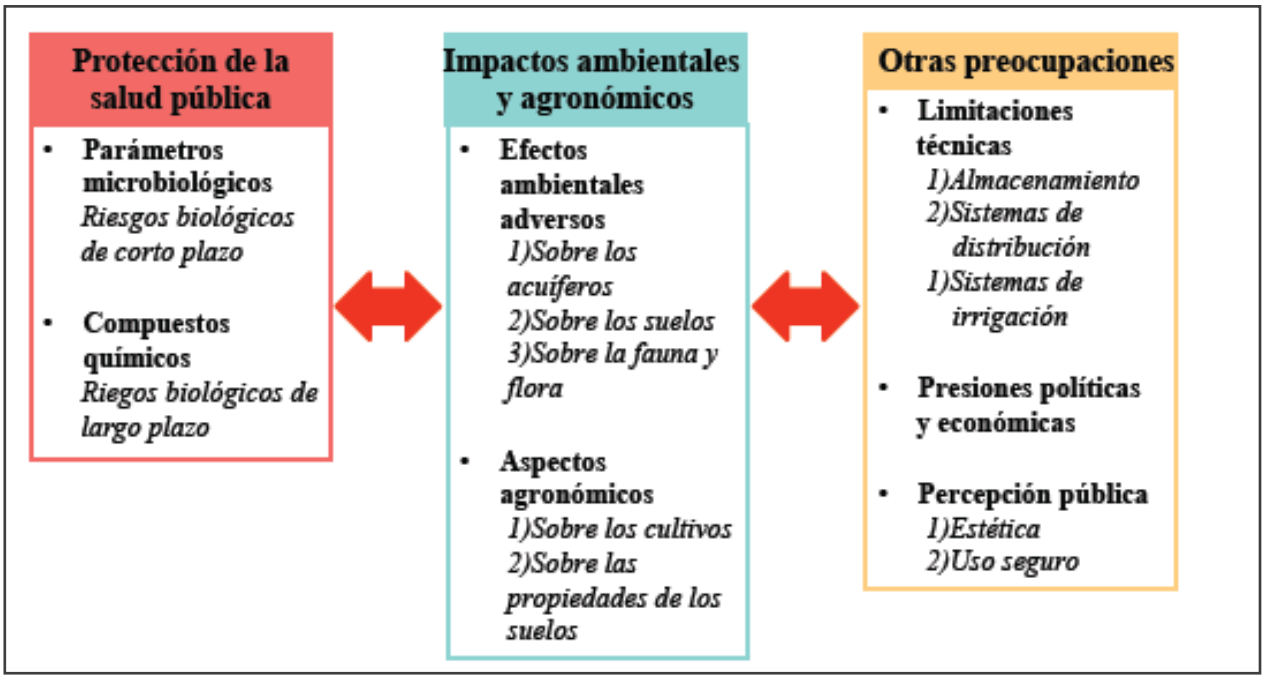



**FIGURA 14.2.7.1-1**
**CRITERIOS PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE AGUA PARA REUTILIZACIÓN**

Fuente:Vera,2013,adaptadodeLazarovayBahri(2005)

A nivel de política pública, la Política Nacional para los Recursos Hídricos (PNRH) 2015 (Ministerio del Interior y Seguridad Publica, 2015) hace mención a la reutilización de las aguas servidas tratadas para riego agrícola entre las medidas para enfrentar el déficit hídrico, permitiendo aumentar la oferta y disponibilidad de los recursos hídricos. Sin embargo, no existe una política pública sobre la reutilización de las aguas residuales.

El debate y las experiencias en Chile sobre la reutilización de aguas residuales es reciente. Tanto el debate académico, como las iniciativas gubernamentales tendientes a la reutilización de aguas residuales se han desarrollado fundamentalmente en la última década. Aun cuando a nivel internacional, la Organización Mundial de la Salud incentiva el uso de aguas residuales en la agricultura hace más de 20 años, publicando en 1989 las Guías sobre el Uso Seguro de Aguas Residuales en la Agricultura y Acuicultura, las cuales han ido siendo actualizadas.

Enrelaciónalmarcojurídico,lanormativanorestringelareutilizacióndelasaguasservidastratadasensutotalidad,tampocolofomenta,yaquenohayunainstitucionalidaddefinidaparalosprocesosdereutilización(FundaciónChile,2016).Lostrescuerposlegalesquerigenlareutilizaciónparaelcasodelriegosonel CódigodeAguas,elCódigoSanitario[1]ylaNormaChilenaOficialNº1.333/78(NCh1.333).

Lasprincipalesdeficienciasregulatoriasdetectadashacenreferenciaenelcasodel Código deAguasalanecesidadderegularlatitularidaddelosderechosdeaprovechamientodeagualuegoquee laguaestratadaenlasPlantas de tratamiento de Aguas Servidas (en adelante, PTAS)(FundaciónChile,2016[2]yVera,2013[3]).ElproyectodeLeyquereformaelCódigodeAguasingresadaenCongresoenmarzode2011,queyafueaprobadaporlacámaradeDiputadosyseencuentraendiscusiónenelSenado(RepúblicadeChile,2017[4])nohaabordadodirectamenteestepunto,auncuandolaPolíticaNacionalparalosRecursosHídricos2015(MinisteriodelInteriorySeguridadPublica,2015)hacehincapiéenlanecesidaddedefinirlasituacióndepropiedaddelasaguasservidastratadas.EnelcasodelCódigoSanitariolasdeficienciashacenreferenciaalanodiferenciaciónentreaguasgriseesynegras,limitandolautilizacióndelasaguasgrisestratadas(Vera,2013).

Lasdeficienciasdelmarcojurídico,explicanenparteelbajonivelde reutilizacióndeaguastratadasprovenientesdePTASenlaagricultura.Deacuerdoalosdatosdisponibles enlaSuperintendenciadeServiciosSanitarios(2017)(Cuadro 14.2.7.1-2)soloun3,4%delasPTASdelpaístienecomocuerporeceptordelasaguastratadaselriego.Lautilización deaguasservidastratadasserealizaenlazonacentronortedelpaís,principalmenteenlaRegióndeTarapacá.

Para la utilización de aguas servidas tratadas es necesario considerar que el DS Nº90/2001 en comparación con la NCh 1.333 establece límites menos restrictivos para algunosparámetrosyotrosparámetrosnolosconsidera.EnelCuadro 14.2.7.1-3 sepresentaunacomparaciónentreloslímitesmáximosestablecidosenamboscuerposlegales.Losparámetrosindicadosencolorverdesonlosmenosrestrictivos,quecorrespondenal arsénico, cloruros, cobre, fluoruros, molibdeno, sulfatos, zincy coliformes fecales.Losparámetrosindicadosenazulnosonconsideradosenel DSNº90/2001,quecorrespondenabario, berilio, cobalto, cromo, fierro, litio, plata, sodio porcentualy vanadio.

[1]DFL1,8denoviembrede1989delMinisteriodeSalud,DeterminaMateriasquerequierenautorizaciónsanitariaexpresa.“23.-Usodeaguasservidasenriegoagrícola,deacuerdoalgradodetratamientodedepuraciónodesinfecciónaprobadoporlaautoridadsanitaria.

[2]FundaciónChile.(2016).Aguasresidualescomonuevafuentedeagua.DiagnósticodelpotencialdelreúsodeaguasenlaRegióndeValparaíso.Disponibleen:http://fch.cl/wp-content/uploads/2016/08/reúso12agosto.pdfConsultado:24demayode2017.

[3]Vera,I.(2013).Tema5:Reúso:“PrincipiosyAlcancesenChile”.En:SeminarioInternacionalAlternativasHídricasparalaMacrozonaNorte.19denoviembrede2013,Iquique,Chile.CentrodeInvestigaciónyDesarrollodeRecursosHídricos(CIDERH).

[4]RepúblicadeChile,Senado.2017.PrimerInformedeComisiónEspecialsobreRecursosHídricos,DesertificaciónySequía.Documentode Trabajo.Sesiónlegislativa8/365del18deabrilde2017.Disponibleen:http://www.senado.cl/appsenado/templates/tramitacion/index.php?boletin_ini=7543-12.Consultado:24demayode2017.

**CUADRO 14.2.7.1-2**
**REUTILIZACIÓN DE AGUAS SERVIDAS TRATADAS PARA RIEGO POR REGIÓN**

| Región | NºPTAS | CuerpoReceptorRiego | %dePTASconreúsoparariego |
|---|---|---|---|
| AricayParinacota | 1 | 0 | 0 |
| Tarapacá | 7 | 5 | 71,4 |
| Antofagasta | 8 | 2 | 25 |
| Atacama | 9 | 1 | 11,1 |
| Coquimbo | 23 | 1 | 4,3 |
| Valparaíso | 32 | 0 | 0 |
| Metropolitana | 32 | 1 | 3,1 |
| O'Higgins | 24 | 0 | 0 |
| Maule | 29 | 0 | 0 |
| BíoBío | 49 | 0 | 0 |
| LaAraucania | 34 | 0 | 0 |
| LosRíos | 11 | 0 | 0 |
| LosLagos | 20 | 0 | 0 |
| Aysén | 8 | 0 | 0 |
| MagallanesyAntárticaChilena | 3 | 0 | 0 |
| **TotalNacional** | **290** | **10** | **3,4** |

Fuente: Elaboración propia en base a SISS, 2017[5]

[5]SuperintendenciadeServiciosSanitarios(SISS),2017.PlantasdeTratamientodeAguasServidasenOperación.Actualizado al22.05.2017.Disponibleen:http://www.siss.gob.cl/577/w3-propertyvalue-3544.htmlConsultado:24demayode2017.

**CUADRO 14.2.7.1-3**
**COMPARACIÓNDELÍMITESMÁXIMOSADMISIBLESENPARÁMETROSDECALIDADDELAGUAPARARIEGO(NCH1.333)YDESCARGADERESIDUOSLÍQUIDOSACUERPOSDEAGUAFLUVIALES(DSNº90/2001TABLANº1)**

| Parámetro | Unidad | Símbolo | LímiteMáximo | |
|---|---|---|---|---|
| | | | NCh1.333 | DSNº90/2001TablaNº1 |
| pH | Unidad | pH | 5,5-9,0 | 6,0-8,5 |
| Aluminio | mg/L | Al | 5 | 5 |
| Arsénico | mg/L | As | 0,1 | 0,5 |
| Bario | mg/L | Ba | 4 | - |
| Berilio | mg/L | Be | 0,1 | - |
| Boro | mg/L | B | 0,75 | 0,75 |
| Cadmio | mg/L | Cd | 0,01 | 0,01 |
| Cianuro | mg/L | CN | 0,2 | 0,2 |
| Cloruro | mg/L | Cl- | 200 | 400 |
| Cobalto | mg/L | Co | 0,05 | - |
| Cobre | mg/L | Cu | 0,2 | 1 |
| Cromo | mg/L | Cr | 0,10(1) | - |
| Fierro | mg/L | Fe | 5 | - |
| Fluoruros | mg/L | | 1 | 1,5 |
| Litio | mg/L | Li | 2,5 | - |
| Litio(cítricos) | mg/L | Li | 0,075 | - |
| Manganeso | mg/L | Mn | 0,2 | 0,3 |
| Mercurio | mg/L | Hg | 0,001 | 0,001 |
| Molibdeno | mg/L | Mo | 0,01 | 1 |
| Níquel | mg/L | Ni | 0,2 | 0,2 |
| Plata | mg/L | Ag | 0,2 | - |
| Plomo | mg/L | Pb | 5 | 0,05 |
| Selenio | mg/L | Se | 0,02 | 0,01 |
| SodioPorcentual | % | Na | 35 | - |
| Sulfatos | mg/L | $SO_4$ | 250 | 1000 |
| Vanadio | mg/L | Va | 0,1 | - |
| Zinc | mg/L | Zn | 2 | 3 |
| ColiformesFecales | NMP/100mL | | 1.000 | 1000 |

(1):Enaguasderiesgodestinadasaverdurasyfrutasquesedesarrollanarasdelsueloyquehabitualmentesec onsumenenestadocrudo.

Fuente:NCh1.333;DSNº90/2001.

Enelcasodelsectorrural,lacoberturadeltratamientodeaguasservidasesdeficitaria(Pizarro,2011)[6]ylaregulacióndelAguaPotableRuralestáacargodelaDirecciónde ObrasHidráulicas.Luegode8añosenelCongresofuepublicadael14deFebrerode2017enelDiarioOficiallaLeyNº20.998queregulalosServiciosSanitariosRurales,quedebeentrarenvigorcomomáximoenseptiembrede2017[7].Estaleycrealas ubdirecciónde ServiciosSanitariosRuralesdependientedelaDirecciónde ObrasHidráulicas,yentreganuevasatribucionesalaSuperintendenciade ServiciosSanitariosenlaregulacióndelacalidadycontinuidaddelaprestación,entreotrasmodificaciones.Enrelaciónalreúsodelasaguasservidastratadaslosaspectosmásrelevantesson:

- FacultaalosComitésyCooperativasahacersecargodeltratamientoydisposiciónfinaldeaguasservidas(Artículo7).
- Considera"solucionesdescentralizadasdesaneamiento"paralossectoresquenoesténconectadosaunareddealcantarilladoprimario,permitiendolarecolección,tratamientoyvertimientooreutilizacióndelasaguasresidualesdesistemascomunitarios,conjuntosresidencialesyresidenciasindividuales.(Artículo2)
- Regulaelvertidodeaguastratadasencanalesderegadío(Artículo45).

Enelacápitesiguienteseharáunarevisióndelasexperienciasypotencialidadesidentificadasenelárea de estudioparalareutilizacióndeaguasgrisesy/oservidasparaelriego.

### 14.2.7.2. AnálisisdeExperiencias

Enelárea de estudioexistendiferentessistemasdetratamientodeaguasservidas,condiferentespotencialidadesdeusoparaelriego.Panirí,TuriyAyquina.Ensegundolugar,sehanidentificadocuatroComitésdeAguaPotableRural(APR),asaber:APRToconce,APRCaspana,APRLasana-ChiuChiu,APRCalamaRural.Finalmente,existe una PTAS para la ciudad de Calama,acargodelaempresasanitariaTRATACALS.A.

Como experiencia deriegoagrícolautilizandoaguasgrisesoservidastratadasexistentesenel área de estudio, destaca el caso de la "Sociedad Agrícola Administradora de Aguas Servidas Tratadas de Calama Poniente", que entró en funcionamiento en el año 2012 y que es una de las pocas – si no la única- experiencia de este tipo.

[6]Pizzarro,L(2011).DiagnósticoyDesafíosparalosSistemasdeTratamientodeAguasServidasenLocalidadesRurales. Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil, Facultad de Ciencias Física y Matemáticas, Universidad de Chile. Disponibleen: www.cybertesis.uchile.cl/tesis/uchile/2011/cf-pizarro_lf/pdfAmont/cf-pizarro_lf.pdfConsultado:27demayode2017.

[7]Laentradaenvigencia de la Ley tiene como plazo máximo 7 meses. Los artículostransitoriosdelaLeyestablecenquelaentradaenvigordelaLeyesunmesdespuésdelapublicacióndelReglamento.Elplazoparalapublicacióndelreglamentoesdecientoochentadías.

La Sociedad Agrícola tiene a su haber 50 L/s en total, 28 L/s provienen de CODELCO y 22 L/s provienen de Aguas Antofagasta y actualmente no la utilizan en su totalidad. La Sociedad tiene el objetivo de tomar las aguas servidas tratadas, explotarlas y distribuirlas entre sus socios. Además, debe hacerse cargo de la conservación y mejora de las obras de captación y acueductos de la Sociedad. Actualmente, la sociedad está constituida por 19 socios que cancelan $20.000 al mes para los gastos de mantención y gestión del sistema. Actualmente, están autorizados por el Servicio de Salud para regar alfalfa y choclo. Pero hay sectores donde el agua tratada también es utilizada para regar árboles y flores.

En el año 2010 la Sociedad Agrícola Administradora de Aguas Servidas Tratadas de Calama Poniente recibió una bonificación a través de la Ley de Riego 18.450 de la CNR por un monto de 11.404 UF[8] y firmó un convenio con INDAP de la Región de Antofagasta y CODELCO División Norte9. Las aguas servidas son tratadas en la PTAS de Calama y luego conducidas hacia las propiedades a través de tuberías. La cantidad de agua recibida por cada agricultor depende de la superficie de cada uno. El sistema de distribución del agua está diseñado para utilizar el agua con riego tecnificado.

La Sociedad Agrícola requiere rehabilitar un tranque que actualmente está en desuso a través de fondos de la CNR con el apoyo de INDAP. El tranque pertenece a agricultores del sector y fue construido para acumular las aguas servidas tratadas. Lossociosdeltranquesonprácticamente losmismosqueutilizanlasaguasservidastratadas. La idea es rehabilitarlo para acumulación las aguas tratadas y mezclarlas con agua de riego proveniente del río para disminuirlasalinidaddelaguaderiego y de los suelos. La Figura 14.2.7.2-1 presenta la ubicación del tranque y de TRATACAL.

La campaña de monitoreo de calidad de agua de Estudio consideró el monitoreo de la calidad de agua de las aguas tratadas. Los resultados de la primera campaña de monitoreo muestran que hay tres parámetros sobre la Norma que corresponden a cloruros, sodio porcentual y boro. En el Cuadro 14.2.7.2-1 se presentan los resultados para todos los parámetros analizados.

[8] Ver: Gobierno Transparente – Comisión Nacional de Riego. Disponible en: http://www.cnr.gob.cl/CNR/GobiernoTransparente/otrastransferenciasley18450pj2010.html. Consultado: 22 de mayo de 2017.

[9] Acuerdo de Colaboración entre Sociedad Agrícola Administradora de Aguas Tratadas Servidas de Calama Poniente con CODELCO-Chile División CODELCO Norte e INDAP Antofagasta. Disponible en http://transparencia.indap.cl/Archivosenlace/VinculosInstitucionales/res974.pdf. Revisado el 22 de mayo 2017.

**FIGURA 14.2.7.2-1**
**TRANQUE PARA ACUMULACIÓN DE AGUAS SERVIDAS TRATADAS DE LA SOCIEDAD AGRÍCOLA ADMINISTRADORADELAGUASSERVIDASTRATADASDECALAMAPONIENTE**

Fuente: Google Earth

Además,semidió*insitu*pH:7,02,temperatura:18,4°CyConductividadEléctrica:1,39mS/cm.

De acuerdo a los antecedentes disponibles para la zona de estudio, es posible identificar que en un escenarioteóricodeincorporacióndenuevosvolúmenesdeaguas proveniente de aguas servidas tratadas paraelriego, el área de estudio puede ser separada en 3 grupos. En primer lugar, las localidades sin ningún sistema de tratamiento de aguas. En segundo lugar, las localidades con Agua Potable Rural. Y Finalmente el sector urbano de Calama que cuenta con una PTAS. El Cuadro 14.2.7.2-2 presenta algunas consideraciones generales a tener en cuenta en cada sector para la incorporación de aguas servidas tratadas al riego.

A fin de determinar el tipo de tratamiento y manejo es necesario contar con antecedentes respecto de la calidad, composición y volumen delasaguas servidas de los sectores rurales, tanto en las localidades donde hay APR como en los sectores donde no hay tratamiento. Adicionalmente, para determinar las condiciones específicas de incorporación de nuevas fuentes de agua para el riego provenientes de aguas servidas tratadas es necesario identificar cuáles son las condiciones actuales de tratamiento, sus costos de operación y, los cultivos que se quiere regar, entre otros aspectos relevantes.

**CUADRO 14.2.7.2-1**
**RESULTADOS ANÁLISIS DE LABORATORIO, PRIMERA CAMPAÑA DE MONITOREO**

| Parámetro | NCh1.333 | Unidad | AL-20 |
|---|---|---|---|
| Cianuros | 0,2 | mg/L | <0,04 |
| Conductividad Eléctrica | 7500 | µmhos/cm | 2.335 |
| pH | 5,5-9,0 | - | 7,17 |
| Sólidos Totales Disueltos | 5000 | mg/L | 1.241 |
| **Cloruros** | **200** | **mg/L** | **414** |
| Fluoruros | 1 | mg/L | 0,66 |
| Sulfatos | 250 | mg/L | 187 |
| **Sodio Porcentual** | **35** | **%** | **58,7** |
| Aluminio Total | 5 | mg/L | <0,30 |
| Arsénico Total | 0,1 | mg/L | 0,011 |
| Bario Total | 4 | mg/L | 0,021 |
| Berilio Total | 0,1 | mg/L | <0,002 |
| **Boro Total** | **0,75** | **mg/L** | **5,168** |
| Cadmio Total | 0,01 | mg/L | <0,01 |
| Cobalto Total | 0,05 | mg/L | <0,001 |
| Cobre Total | 0,2 | mg/L | <0,01 |
| Cromo Total | 0,1 | mg/L | <0,05 |
| Hierro Total | 5 | mg/L | <0,30 |
| Litio Total | 2,5 | mg/L | 0,82 |
| Manganeso Total | 0,2 | mg/L | <0,05 |
| Mercurio Total | 0,001 | mg/L | <0,001 |
| Molibdeno Total | 0,01 | mg/L | 0,01 |
| Níquel Total | 0,2 | mg/L | <0,01 |
| Plata Total | 0,2 | mg/L | <0,05 |
| Plomo Total | 5 | mg/L | <0,05 |
| Selenio Total | 0,02 | mg/L | <0,005 |
| Vanadio Total | 0,1 | mg/L | <0,01 |
| Zinc Total | 2 | mg/L | <0,30 |
| Coliformes Fecales por NMP | 1000 | NMP/100 ml | 2 |

Fuente:Elaboraciónpropia.

Adicionalmente, es importante destacar dos aspectos relevantes. Por una parte, es importante establecermodelosdecolaboracióndelosregantesconapoyoPúblico-Privadopara disponer de fondos, apoyo técnico y en la gestión de los sistemas de tratamiento y distribución del agua, destacando en la zona experienciadeINDAPenelapoyoalosagricultores en este tipo de iniciativas. Por otra parte, es necesario definirlacalidaddeaguaobjetivoparadiseñar los sistemasdetratamiento y distribución del agua adecuada a la disponibilidad de recursos y gestión de los regantes.

**CUADRO 14.2.7.2-2**
**SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES**

| Sectores | Localidad | Sistemadetratamiento(SISS,2017;DOH,2014) | Alternativas | Parámetros críticos(1) | Usodeaguastratadasenlaagricultura | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Restricciones | Oportunidades |
| Localidadesruralessintratamientodeaguasservidas | Paniri Turi Ayquina | Sintratamiento | Separaciónyreutilizacióndeaguasgrisesanivelindividual | CE,Arsénico,BoroyCloruros | Caudalesreducidos | NuevaInstitucionalidadyNormativadelosSistemasdeAguaPotableRuralqueconsideraeltratamientodelasaguasservidas,solucionesdescentralizadasdesaneamientoparasectoresnoconectadosaunareddealcantarillado. |
| LocalidadesruralesconAPR | Toconce Caspana Lasana ChiuChiu CalamaRural | AguaPotableRural Toconce:78A,312B Lasana–ChiuChiu:265A,1060B CalamaRural:68A,272B | Tratamientosadaptadosparacumplirconla Nch1.333 | | Propiedaddelasaguastratadas | NuevaInstitucionalidadyNormativadelosSistemasdeAguaPotableRuralqueconsideraeltratamientodelasaguasservidas. |
| ZonaUrbanaconPTAS | CalamaUrbano | PTASconLodosActivados. TablaNº1DSNº90/2001 | Tratamientocomplementarioparacumplirconla NCh1.333 | Cloruros,SodioPorcentualyBoro | Propiedaddelasaguastratadas | LaPTAStrataactualmenteaguasservidaspararegúsoagrícola. |

A:Arranques
B:Beneficiariosestimados
(1)parámetrossugeridosenbasealosresultadosdelaprimeracampañademonitoreodecalidaddeaguaydatoshistóricosdelaDGA

Fuente:ElaboraciónpropiaenbaseaSISS,2017;DOH,2014[10].

## 14.2.8. Fito-RemediacióndeAguas

### 14.2.8.1. Definición y Alternativas de Tratamiento

El término *fitorremediación* proviene del griego “Phyto” que significa “planta” y “remedium” que significa “recuperar el equilibrio”, y es una técnica que aprovecha la capacidad de algunas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire, agua o sedimentos como metales pesados, elementos radiactivos, compuestos orgánicos y compuestos derivados del petróleo.

Los métodos convencionales de tratamiento de contaminantes pueden alterar de manera irreversible las propiedades del suelo, el agua y de los seres vivos que viven en ellos, suelen ser muy costosos y tienen una limitada eficacia. La fitorremediación se presenta como una alternativa sustentable, de bajo costo y con una alta aplicabilidad para la rehabilitación de ambientes afectados por contaminación natural y antropogénica, incluyendo tratamiento de residuos industriales líquidos (Riles), aguas servidas y aguas grises.Existen seis métodos diferentes de fitorremediación que se agrupan en dos conjuntos: a) los que se utilizan como medio de **contención** (rizofiltración, fitoestabilización y fitoinmovilización) y b) los que se utilizan como medio de **eliminación** (fitodegradación, fitoextracción y fitovolatilización).

[10]Direcciónde ObrasHidráulicas(DOH),2014.ListadodeSistemasdeAguaPotableRural.ActualizadoaAgostode2014.Disponibleen:http://datos.gob.cl/dataset/8612/resource/d59ef824-7122-4029-9190-f06bc7950a86Consultado:22demayode2017.

Dependiendo del tipo de contaminante y su cantidad, así como del medio en el que se encuentre dicho contaminante, se elige un método de fitorremediación u otro, siendo los más utilizados la fitoestabilización para la contención de contaminantes (señalado en la fitorremediación de suelos) y la fitoextracción para su eliminación.

A continuación, se señalan brevemente algunos de los métodos utilizados:

- **La** fitoextracción, conocida como fitoacumulación y utilizada también para recuperar suelos, consiste en la absorción de metales contaminantes mediante las raíces de las plantas y su acumulación en tallos y hojas. Una vez que se ha producido el desarrollo vegetativo de la planta, se corta y se procede a su incineración, trasladando las cenizas a un vertedero de seguridad. La ventaja de la fitoextracción es que el proceso se puede repetir de forma ilimitada hasta que se consiga una concentración aceptable de contaminante en el medio, dentro de los límites considerados. Algunas de las plantas utilizadas en este método de fitorremediación son, entre otras, Thlaspi caerulescens para el cadmio, Vertiveria zizanioides para el zinc, el cadmio y el plomo y Pistia stratiotes para arsénico, cadmio, cromo, cobre, mercurio, níquel, plomo y zinc.

- La **rizofiltración** es un método que se utiliza para la eliminación de contaminantes del medio hídrico a través de las raíces de las plantas. Cuando el sistema radicular de las plantas está bien desarrollado, se introducen las plantas en el agua contaminada donde las raíces absorben los metales y los acumulan. Cuando las raíces se saturan, las plantas se cosechan y se disponen para su tratamiento. Algunos de los contaminantes tratados son cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, selenio, zinc, isótopos radiactivos y compuestos fenónicos.

- La **fitovolatilización** es un método donde, a medida que las plantas y árboles van creciendo, absorben agua junto con contaminantes orgánicos e inorgánicos, y algunos de ellos pueden llegar a las hojas y evaporarse o volatilizarse a la atmósfera. Algunos de los contaminantes tratados son mercurio, selenio y solventes clorados (tetraclorometanos, triclorometanos)

- En la **fitodegradación**, las plantas y los microorganismos que se encuentran asociados a ellas degradan los contaminantes en productos inofensivos. Algunos de los contaminantes tratados son municios, atrazina, solventes clorados, DDT, pesticidas fosfatados, fenoles y nitrilos.

- La **fitoestimulación** es un método donde las raíces de las plantas estimulan a que los microorganismos presentes en la zona de la rizósfera degraden los contaminantes. Algunos de los contaminantes tratados son hidrocarburos derivados del petróleo y poliaromáticos, benceno, tolueno y atrazina.

De las alternativas antes mencionadas, la primera de ellas, la técnica de Fitoextracción, es en la que se han sustentado las aún escasas experiencias de Fitorremediación realizadas en el país. En este sentido, tal como se explicará posteriormente en este capítulo, se postula la utilización de esta técnica, para el tratamiento de las aguas del río Loa.

Además de las dos grandes categorías donde se pueden agrupar los métodos de fitorremediación, existen dos líneas de investigación y experiencias principales: a) la restauración y rehabilitación de humedales naturales, principalmente en las zonas altas de las cuencas, que tiene como objetivo restaurar las condiciones naturales que producen diferentes servicios ambientales, entre los que se encuentra el servicio ecosistémico de filtración y fijación de contaminantes; y b) la utilización de humedales artificiales, los que se diseñan en base a arreglos de especies, disposición de los individuos, ciertos tipos de substratos y sistemas de aislación del suelo, además de modelos de operación adecuados para el tipo de contaminante a aislar, condiciones del agua a tratar en general (PH, temperatura, sedimentos, elementos químicos presentes) y las condiciones climáticas de la zona.

El planteamiento de tratamientos de Fitorremediación, en puntos específicos de la cuenca del río Loa y Salado, requiere del análisis de varios factores, tales como: clima, calidad de agua y de suelos, además de la evaluación técnica y logística del(los) lugar(es) de emplazamiento del tratamiento. En este sentido, en apartados posteriores de este capítulo, se analizarán las alternativas de tratamiento que se adecúan al Área de Estudio y las propuestas de manejo planteadas en zonas específicas de la cuenca.

Las principales limitaciones de la fitorremediación son: la localización del contaminante cercano a la rizósfera, las condiciones físicas y químicas del suelo (tales como el pH, la salinidad y el contenido de nutrientes, que pueden limitar el crecimiento vegetal), la concentración del contaminante (que debe estar dentro de los límites tolerables para la planta), riesgos de lixiviación de los contaminantes más móviles, y accesibilidad a la zona contaminada. Por lo tanto, estas tecnologías son especialmente útiles para su aplicación en grandes superficies, con contaminantes relativamente inmóviles o con niveles de contaminación bajo, y deben considerarse procesos de recuperación a largo plazo.

Entre las ventajas que presentan estas técnicas destaca :(1) que se pueden realizar *in situ*, es decir sin necesidad de transportar el suelo o sustrato contaminado, (2) son de bajo coste, (3) permiten su aplicación tanto a suelos como a aguas, (4) sólo requieren prácticas agronómicas convencionales, (5) actúan positivamente sobre el suelo, mejorando sus propiedades físicas y químicas, y (6) son medioambientalmente aceptables, debido a que se basan en la formación de una cubierta vegetal.

14.2.8.2. Análisis de Experiencias

Se realiza una revisión y análisis de las experiencias de fitorremediación de aguas existentes en el área de estudio, además de iniciativas implementadas en otras zonas que puedan ser aplicables en la cuenca del Loa.

Para la selección de especies y/o asociaciones de especies que puedan ser útiles en el caso del Loa, se consideran las características agroclimáticas de la zona, las características ecológicas (nativa, exótica, invasora, niveles de asociación con otras especies, control de malezas) y fisiológicas (niveles de tolerancia a temperaturas, condiciones de aridez, sequías, inundaciones, pH, presencia de contaminantes) de las especies, y antecedentes acerca de sus niveles de fijación y/o remoción de contaminantes. En el Cuadro 14.2.8.2-1 se presenta una síntesis con las especies que pueden utilizadas para fitorremediación en el área de estudio.

A nivel experimental destacan las investigaciones de la hierba nativa ***Puccinellia frigida*** de la Pontificia Universidad Católica de Chile y para la construcción de humedales con la macrófita emergente Phragmites sp. de la Universidad de Chile.

Las especies identificadas en otros estudios son todas macrófitas cosmopolitas, que pueden ser utilizadas para la construcción de humedales. Para el caso del arsénico Litter *et. al.* (2010) indican que el uso de plantas acuáticas para la remoción de arsénico del agua constituye un método efectivo, de fácil implementación y económico, con posibilidades de ser utilizado en zonas rural de población dispersa. Esta tecnología podría ser aplicable a nivel domiciliario para permitir tanto la provisión de agua segura para consumo humano, como para la producción de alimentos a nivel local.

Muchas especies de plantas acuáticas de amplia distribución geográfica, encontradas en zonas de abundancia natural de arsénico tienen capacidad para acumular arsénico. Se encontró que las especies sumergidas han demostrado ser más eficientes que las emergentes para la remoción de este metaloide. El arsénico es absorbido por las raíces y se acumula principalmente en hojas. El porcentaje de remoción depende, en general, de las concentraciones de arsénico en el agua, y en muchos casos, es mayor a mayores concentraciones. La eficiencia de remoción también depende de las condiciones climáticas, por lo que los estudios deben ser específicos de cada región.

A partir de los antecedentes mencionados anteriormente, se desprende que, considerando los valores de calidad de agua existentes en el área de estudio, permitirían acondicionar sitios de tratamiento en la cuenca del río Loa, tanto en la parte alta; en los sectores de Chiu Chiu y Lasana, como en la comuna de Calama, en donde las concentraciones salinas y de metales pesados aumentan considerablemente, debido al aporte del río Salado, aguas arriba de la ciudad. Los tratamientos que se ajustan a las condiciones existentes en estos sitios, son a través del método de Fitoextracción, en donde destaca el Sistema Vetiver y los

tratamientos con la especie nativa Puccinellia frígida. Ambos tratamientos, en sus periodos de experimentación, han otorgado resultados esperanzadores, en especial en la reducción de los niveles de salinidad y metales pesados, tales como el Arsénico, Boro, Manganeso, Plomo, entre otros.

La aplicación de sistemas de fitorremediación en climas áridos, tales como la experiencia desarrollada por la Universidad de Tarapacá, financiada por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA)denominada "Aumento y Disponibilidad de la eficiencia en el uso de Agua de Riego a través de la adaptación del Sistema Vetiver" para la reutilización de aguas para riego en el Valle del Río Lluta, Región de Arica y Parinacota, valle en donde las características de calidad de aguas son similares a la encontradas en la cuenca del río Loa, especialmente en la comuna de Calama, permiten establecer una línea de acción, para el desarrollo de este tipo de experimentación en la zona de estudio.

El tratamiento realizado en el valle del río Lluta, se llevó a cabo en dos etapas, las que se encargaron de reducir las concentraciones de contaminantes tanto en agua como en suelo. Para el tratamiento del agua, se utilizaron estanques de 3000 L, en los cuales se establecieron distintos niveles de biomasa de Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), obteniéndose resultados de fitorremediación del orden del 36% para boro, 98% para plomo, 40% en arsénico y 76% para manganeso. Posteriormente, esta agua fue utilizada en cuatro nuevos cultivos introducidos en la zona, como lo son: maíz dulce, lechuga, melón y ají cristal. En todos ellos se obtuvieron resultados satisfactorios, en especial en el maíz dulce, en donde cada planta generó un promedio de cuatro choclos de primera calidad, situación muy disímil a un escenario de agua sin tratamiento, en donde el cultivo no es capaz de desarrollarse vegetativamente.

## CUADRO 14.2.8.2-1
## ESPECIES ADAPTADAS PARA FITORREMEDIACIÓN EN ZONAS ÁRIDAS

| Contaminante | Especie | Adaptación a climas áridos | Características ecológicas | Características fisiológicas | Niveles de fijación y/o remoción de contaminantes | Referencia |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Métodos aplicados en zonas áridas en Chile** | | | | | | |
| Arsénico, Boro, Manganeso, y Plomo | *Chrysopogon Zizanioides*<br>Vetiver | Utilizada en el valle de Lluta | Especie cosmopolita | tolerante a niveles elevados de la salinidad, acidez, alcalinidad, sodicidad, algunos metales pesados y agroquímicos | - Arsénico de 0,33 mg/L a 0,06 mg/L en 5 días.<br>- Boro: disminución de 13,35 mg/L a 7,1 mg/L en 5 días.<br>- Manganeso, de 1 mg/L a 0,24 mg/L. en 15 días.<br>- Plomo: se comenzó con 2 mg/L y al cabo de 15 días no se detectaron residuos. | Proyecto FIA sobre Sistema Vetiver[11]. |
| **Estudios experimentales en Chile** | | | | | | |
| Arsénico y otros metales pesados | *Phragmites australis*<br>Carrizo | Especie cosmopolita | Macrofita emergente | - | s/i | Lizama, 2014[12]. |
| Boro | *Puccinellia frigida* | Especie nativa presente en salares altiplánicos y valle de Lluta | Hierba perenne nativa.<br>Habitan principalmente en suelos salobres e inundables (Nicora, 1999) | Crece normalmente aún en concentraciones de boro sumamente tóxicas en el medio (500mg/L), y dentro de sus tejidos (> 5000mg/kg DW) (Ramilla, *et. al*., 2016) | hiperacumulado el boro sobre una amplia gama de concentraciones de boro. (Ramilla, *et. al*., 2016) | Nicora, 1999[13]<br>Ramilla, *et. al*., 2016[14]. |
| **Otras investigaciones sobre especies para fitorremediación de aguas en zonas áridas** | | | | | | |
| Arsénico, (Pérez *et. al.,* 2010)<br>Otros Metales pesados: Cd, Cu, Pb, Zn, Hg (Jaramillo y Flores, 2012) | *Lemna minor*<br>Lenteja de agua | De fácil cultivo en variadas condiciones climáticas | Macrofita flotante | -Tolerantes a un amplio rango de temperatura<br>- Se adaptan a amplios rangos de pH (3-10)<br>-Resistente a latos grados de salinidad (Jaramillo y Flores, 2012) | El mayor porcentaje de remoción observado se obtuvo cuando la concentración de arsénico en el agua fue de 0,5 mg $L^{-1}$ (Pérez *et. al.,* 2010) | Pérez *et. al.,* 2010 [15]<br>Jaramillo y Flores, 2012[16] |
| Compuestos orgánicos, DBO, DQO, y sólidos suspendidos (Metcalf y Eddy, 1995)<br>Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn (Jaramillo y Flores, 2012) | *Eichhornia crassipes*<br>Jacinto Acuático o lirio de agua | Especie cosmopolita | Macrofita flotante | Maleza<br>pH entre 6, 6 y 7,5 (Jaramillo y Flores, 2012) | s/i | Metcalf y Eddy, 1995[17]<br>Jaramillo y Flores, 2012 |
| Metales pesados | *Typha angustifolia*<br>Totora, paja de estera, trome, batro y vatro. | Especie cosmopolita | Macrofita enraizante halófita. | Toleran bajos niveles de pH | s/i | Novotny, V., Olem, H. 1994.[18]<br>Gunckel, H.(1959)[19]. |

Fuente: Elaboración propia.

11 El Sistema Vetiver fue promovido por el Banco Mundial en la década de los años 80 y actualmente se utiliza en más de 100 países. Para mayor información revisar http://www.vetiver.org

12 Lizama, K. (2014). Humedales construidos para la remoción de arsénico y metales en aguas contaminadas. Seminario Avances y Desafíos en la Problemática del Arsénico en Aguas de Chile y el mundo. Universidad de Chile, 20 Junio 2014. Santiago, Chile.

13Nicora, E. (1999) Sinopsis de las especies del género Puccinellia (Poaceae, Pooideae, Poeae) de Argentina, Bolivia, Chile y Uruguay. Darwiniana 37(3-4): 301-314.

14Rámila, C., Contreras, S. A., Di Domenico, C., Molina-Montenegro, M. A., Vega, A., Handford, M., Bonilla CA y Pizarro, G. E. (2016). Boron stress response and accumulation potential of the extremely tolerant species Puccinellia frigida. Journal of Hazardous Materials, 317, 476-484.

15 Pérez, A.; Cayla, C.; Fabre, J. y Fernández, A. (2010). Capítulo 14. Uso de plantas acuáticas para la remoción de arsénico del agua. En: Litter, M.; Sancha, ML. y Ingallinella AM. (2010). IberoArsen: Tecnologías económicas para el abatimiento de arsénico en aguas. Tecnologías económicas para el abatimiento de arsénico en aguas.

16 Jaramillo, M., Flores, E. (2012). Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales Lemna Minor (Lenteja de agua) y Eichornia crassipes (Jacinto de agua) en aguas residuales producto de la actividad minera. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca, Ecuador.

17METCALF y EDDY INC (1995) Ingeniería de aguas residuales . Tratamiento, vertido y reutilización. McGraw-Hill/interamericana de España S .A.. 1485 pp. Citado por Hidalgo, J. C., Montano, J. J., & Estrada, M. S. (2005). Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas. Theoria, 14(1), 17-25.

18Novotny, V., Olem, H. 1994. Water quality: prevention, identification and management of diffuse pollution. Van Nostrand Reinhold, New York. Citado por Hidalgo, J. C., Montano, J. J., & Estrada, M. S. (2005). Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas. Theoria, 14(1), 17-25.

19Gunckel, H.(1959). Flora vascular de Chile: Tifaceas. Ed. Universitaria, SA

En la Fotografía 14.2.8.2-1 se muestran imágenes del proyecto. Este sistema permite recuperar y habilitar aguas contaminadas que se desechan por su toxicidad. De acuerdo a estimaciones de la Universidad de Tarapacá, se pierde un caudal de aproximadamente 1.000 L/s, que servirían para regar unas 2.200 has adicionales. Los ensayos con vetiver efectuados en el valle de Lluta rebajaron las concentraciones de boro y arsénico en el agua de riego en 25% y 40%, respectivamente. Las aguas tratadas permitieron cultivar plantas de melón, maíz, lechuga y ají de primera calidad, que no se podían sembrar anteriormente.

**FOTOGRAFÍA 14.2.8.2-1**
**SISTEMA VETIVER APLICADO EN EL VALLE DE LLUTA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA**

Fuente: Universidad de Talca, 2014.

Para tener una idea de los costos de implementación, el precio de una planta vetiver en speedling tiene un valor de $1.000 (más IVA) y una bolsa hidropónica de tratamiento de aguas tiene un valor de $40.000 (más IVA) (Bioingeniería Vetiver Chile Spa, 2017[20)]. El proyecto realizado en el valle de Lluta fue financiado por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) del Ministerio de Agricultura con una inversión total de $115.439.306 (valor en pesos chilenos para el año 2013) que actualizado al año 2017 corresponde a $135 millones, aproximadamente. En el año 2015 se inició una segunda etapa del proyecto enfocado en recuperación, remediación y protección de suelos agrícolas para la Región de Arica y Parinacota que se encuentra actualmente en ejecución.

### 14.2.8.3. Propuestas de Mejoramiento de la Calidad de Aguas a través del Sistema Vetiver

En el presente acápite, se expone la aplicabilidad del Sistema Vetiver en la cuenca del río Loa, los antecedentes técnicos y logísticos de su implementación, los requerimientos del sistema y los resultados esperados a partir de estas experiencias.

Inicialmente, se debe considerar que el área de estudio se compone de las cuencas del río Loa y río Salado, en donde se aprecian condiciones de calidad de agua que difieren a

[20] ver http://www.vetiver.cl

medida que se desciende desde el río Loa. Encontrándose un escenario particular en las localidades de Lasana y Chiu Chiu, hasta llegar a la confluencia con el río Salado, zona en donde se produce un deterioro en la calidad de las aguas con que se alimentan los canales de regadío de la ciudad de Calama, debido principalmente a la alta carga salina y de metales pesados que este afluente arrastra desde la cordillera.

Entendiendo los distintos escenarios existentes a lo largo de la cuenca del río Loa y Salado, se propone establecer tratamientos con el Sistema Vetiver, tanto en la parte alta de la cuenca del río Loa, específicamente en la localidad de Chiu Chiu, como en la ciudad de Calama. En ambos casos, la experiencia de tratamiento se asociará a una Comunidad de Aguas o de regantes, los cuales, por una parte, deberán disponer de una obra de acumulación comunitaria, en donde poder establecer el Sistema Vetiver, de no ser así, esta deberá plantearse como una alternativa de proyecto futuro. Por otro lado, la Organización de Usuarios de Aguas que participe de esta experiencia, se espera que se vea beneficiada de esta propuesta, ya que, con las aguas tratadas, que poseerán niveles menores de contaminantes, se podrán utilizar para el establecimiento de nuevas alternativas de cultivo. En el Cuadro 14.2.8.3-1 se describen las propuestas de tratamientos a realizar con el Sistema Vetiver en tres sectores de la cuenca del río Loa. En la Fotografía 14.2.8.3-1 por su parte, se demuestra el vigoroso crecimiento de las plantas de Vetiver en un estanque acumulador en el valle del río Lluta.

Si bien, la experiencias existentes a nivel nacional, respecto de los tratamientos con el Sistema Vetiver, aún se encuentran en etapa de evaluación y monitoreo, los primeros resultados de la experiencias desarrolladas, en especial la llevada a cabo por la Universidad de Tarapacá en el río Lluta, cuyas condiciones de calidad de aguas son semejantes a las encontradas en el río Loa, ya arrojan los primeros efectos sobre nuevas alternativas de cultivo establecidas en esta zona, tales como es el caso de los cultivos de lechugas, melones y ajíes, que a pesar de ser más sensibles a las altas concentraciones se salinidad y boro, se han logrado desarrollar y generar productos de alta calidad.

**CUADRO 14.2.8.3-1**
**PROPUESTAS DE TRATAMIENTO CON SISTEMA VETIVER EN CHIU CHIU Y CALAMA**

| Sitio de tratamiento | Problemática(s) a tratar | Descripción del Tratamiento | Resultados Esperados |
|---|---|---|---|
| Tranque Comunitario de Comunidad de Aguas Canal Grande de Lasana y Chiu Chiu | - Disminuir los niveles de Boro (B) en el agua, los cuales, alcanzan un valor de 5,168 mg/L, sobrepasando en casi siete veces la Norma Chilena (NCh 1.333)<br>- Disminuir los valores de Arsénico (As) en el agua, que en la actualidad se encuentran en el umbral máximo de la NCh 1.333, lo que limita la gama de cultivos posibles de desarrollar en la zona.<br>- Disminuir los valores de Conductividad Eléctrica del agua, la que si bien, no sobrepasa el umbral establecido por la NCh 1.333, si sigue siendo limitante para el desarrollo de la gran mayoría de los cultivos, tanto hortícolas como frutales.<br>- Evaluar las concentraciones de Sodio Porcentual y Cloruros después del tratamiento, corroborar el efecto del tratamiento sobre estos parámetros. | En el tranque acumulador comunitario, revestido de geomembrana, existente en la parte alta de la localidad de Chiu Chiu,el cual posee una capacidad de aproximadamente 30 m³, se dispondrán de "balsas" de poliestireno expandido (plumavit) las cuales poseerán las plantas de Vetiver. La proporción de plantas a utilizar, según los resultados obtenidos por Ugalde y Cortés (2015), debe ser de 1kg de biomasa por cada 200 L de agua. | - Para el caso del Boro, una vez que las plantas de Vetiver alcancen su estado adulto, se esperan reducciones de los niveles, en un rango de 35 a 60% al quinto día. Cabe destacar que después de los cinco días de tratamiento, la planta de Vetiver tiende a liberar parte del Boro absorbido por las raíces, por lo que se recomienda liberar el agua acumulada hacia el canal de regadío, cumplido este periodo de tiempo.<br>- En el caso del Arsénico, una vez que las plantas de Vetiver alcancen su estado adulto, en un escenario optimista, se esperan reducciones del orden del 80% al quinto día, situación que dependerá en gran medida, de los niveles de pH del agua, los cuales deberán fluctuar entre 6,5 y 8,5 para una mayor efectividad del tratamiento.<br>- Para la conductividad eléctrica, se ha observado en otros estudios, que los niveles pueden disminuir en un 50%. sin embargo, al igual que en el caso de los Cloruros y Sodio porcentual, estos resultados aún no han sido completamente validados, por lo que se recomienda realizar análisis de agua continuos y así evaluar la variabilidad de estos parámetros.<br>- En los tratamientos a desarrollar en la ciudad de Calama, se espera además que el tratamiento surta un efecto significativo en la reducción de los niveles de Sólidos Totales Disueltos, así como en los niveles de otros metales pesado presentes en el agua en este sector, tales como el Litio y el Manganeso, que superan los umbrales establecidos por la NCh 1.333.<br>- Se espera que para el tratamiento realizado en los tranques acumuladores de aguas tratadas, se observe un efecto acumulativo del tratamiento, dado que se ejecutará en una batería de tres estanques de diferente capacidad, que verterán el agua posteriormente al canal del regadío. |
| Tranque Comunitario Proyectado para Comunidad de Aguas Canal Dupont en Calama | - Disminuir los altos niveles de Boro (B) en el agua, los cuales, alcanzan un valor de 17,8 mg/L, sobrepasando por más de 20 veces la Norma Chilena (NCh 1.333)<br>- Disminuir los elevados índices de Arsénico (As) en el agua, que en la zona superan por más de 18 veces laNCh 1.333, lo cual se manifiesta en las trazas de este metal traslocados en los productos agrícolas producidos en el sector, asociados a los riesgos que su consumo puede provocar en la salud.<br>- Disminuir los valores de Conductividad Eléctrica del agua, la quesobrepasa el umbral establecido por la NCh 1.333 en casi un 20%, lo cual es limitante para el desarrollo de la gran mayoría de los cultivos, tanto hortícolas como frutales.<br>- Evaluar las concentraciones de Sodio Porcentual y Cloruros después del tratamiento, corroborar el efecto del tratamiento sobre estos parámetros. | Se proyecta la construcción de un tranque acumulador revestido de geomembrana, para su uso comunitario y en el cual se pueda desarrollar el tratamiento con el Sistema Vetiver Para ello, se dispondrán de "balsas" de poliestireno expandido (plumavit) las cuales poseerán las plantas de Vetiver. La proporción de plantas a utilizar, según los resultados obtenidos por Ugalde y Cortés (2015), debe ser de 1kg de biomasa por cada 200 L de agua. | |
| Tranques acumuladores de aguas servidas tratadas en sector de Ojo Opache (Actualmente en desuso) | - Disminuir los altos niveles de Boro (B) en el agua, los cuales, alcanzan un valor de 5,168 mg/L, sobrepasando en casi siete veces la Norma Chilena (NCh 1.333)<br>- Disminuir los valores de Arsénico (As) en el agua, que en la actualidad se encuentran en el umbral máximo de la NCh 1.333, lo que limita la gama de cultivos posibles de desarrollar en la zona.<br>- Disminuir los valores de Conductividad Eléctrica del agua, la que si bien, no sobrepasa el umbral establecido por la NCh 1.333, si sigue siendo limitante para el desarrollo de la gran mayoría de los cultivos, tanto hortícolas como frutales.<br>- Evaluar las concentraciones de Sodio Porcentual y Cloruros después del tratamiento, corroborar el efecto del tratamiento sobre estos parámetros. | - Se proyecta la reposición de una cobertura impermeable (geomembrana de HDPE) en tres tranques acumuladores ubicados en el sector Ojo Opache, en la ciudad de Calama, encargados de recolectar las aguas provenientes de la Planta de Tratamiento de aguas Servidas de la comuna.<br>-En estos acumuladores, se dispondrán "balsas" de poliestireno expandido (plumavit) las cuales poseerán las plantas de Vetiver. La proporción de plantas a utilizar, según los resultados obtenidos por Ugalde y Cortés (2015), debe ser de 1kg de biomasa por cada 200 L de agua. | |

Fuente: Elaboración propia.

**FOTOGRAFÍA 14.2.8.3-1**
**DESARROLLO DEL SISTEMA VETIVER EN UN TRANQUE ACUMULADOR**

Fuente: Revista FIA "Innova + Agro", 2015.

Los sitios seleccionados para el desarrollo de la propuesta de tratamiento con el Sistema Vetiver, tratan de abarcar las distintas condiciones de calidad de agua existente en la cuenca del río Loa. En primer lugar, la localidad de Chiu Chiu, al encontrarse en la parte alta de la cuenca, antes de la confluencia con el río Salado, cuenta con una provisión de agua de regadío con menores niveles de salinidad, metales pesados y sólidos en suspensión. A diferencia de lo encontrado aguas abajo en la ciudad de Calama, en donde todos estos niveles se incrementan notoriamente, tanto por la influencia del río Salado, que arrastra altas concentraciones de metales pesado y sales minerales desde la zona cordillerana de la región, como de los residuos provenientes de la zona urbana de Calama, los cuales se acentúan aún más en la parte baja de la ciudad, en las cercanías de la bocatoma del canal Dupont. En este último sector, además, la Fundación Chile, entidad privada sin fines de lucro, que desarrolla proyectos de innovación para el Estado, posee instalaciones y ha tenido experiencias con el Sistema Vetiver, pueden ser un aliado estratégico y de competencia técnica para el eventual desarrollo de este proyecto y su posterior seguimiento y evaluación.

En el tercer sitio seleccionado por su parte, ubicado en el sector de Cerro Negro, inserto en la zona denominada Ojo Opache, hacia el suroeste de Calama, existen tres obras de acumulación, actualmente en desuso, de diferente tamaño y capacidad de acumulación, construidos dentro de un predio de aproximadamente 1,5 ha, pertenecientes a un grupo de

agricultores del sector y cuyo objetivo inicial fue almacenar las aguas provenientes de la PTAS TRATACAL, con las cuales riegan cultivos como alfalfa, choclo y algunos árboles, principalmente ornamentales, existentes en la zona. Este sitio presenta un alto potencial de utilización, dado que ya cuentan con las obras de acumulación para la instauración del sistema Vetiver, las cuales previa rehabilitación, podrían recibir las aguas tratadas de la PTAS, que producto de este manejo sanitario, ya han disminuido considerablemente sus niveles de conductividad eléctrica y carga mineral, las mismas que de ser reprocesadas con el Sistema Vetiver, lograrían alcanzar concentraciones acordes con la NCh 1.333 y por tanto, ampliar considerablemente sus alternativas de cultivo.

Las plantas de vetiver utilizadas para el tratamiento de aguas de riego, tienen un periodo útil que puede alcanzar hasta los 20 años, sin embargo, este tiempo puede variar según el conjunto de elementos con altas concentraciones presentes en el agua. En este sentido, el manejo de los residuos de las plantas, deberá ajustarse al ciclo de vida de éstas y evaluar la forma más conveniente de reducirlas o reutilizarlas. En relación a lo anterior, existen una serie de alternativas de reutilización de estas plantas, las que van desde producción de celulosa, materia seca para producción de energía, extracción de aceites esenciales para producción de productos aromáticos, antisépticos, afrodisíacos y sedativos, incluso su utilización en confección de artesanías tales como sombreros, cestos, entre otros. No se recomienda la utilización como forraje para animales, cuando fueron extraídos de zonas tratadas a través de fitorremediación, dadas las altas concentraciones de metales pesados que puede contener, tanto en sus hojas como raíces. Para estos casos, los remanentes de plantas generados, deberán ser acopiados y eliminados de forma segura, incinerándolos siguiendo la normativa vigente (Ministerio de Medio Ambiente, en conjunto con el Servicio de Salud regional)

### 14.2.9. Fito-RemediaciónenSuelos

#### 14.2.9.1. Antecedentes generales

La fito-remediación de suelos, es una técnica que se basa en el uso conjunto de plantas, enmiendas del suelo y técnicas agronómicas para eliminar, retener, o disminuir la toxicidad de los contaminantes del suelo (Chaney et al., 1997)

En términos generales, las plantas atraen y retienen los contaminantes, impidiendo que éstos se aglomeren en el suelo, sean arrastrados por las aguas de riego e incorporados a cursos de agua aledaños o sean transportados por el viento.

Esta denominada técnica de fitotecnología, se puede aplicar tanto sobre contaminantes orgánicos como inorgánicos, presentes en sustratos sólidos, líquidos o en el aire. Se distinguen los siguientes métodos:

- Fitoextracción: uso de plantas acumuladoras de elementos tóxicos o compuestos orgánicos para retirarlos del suelo mediante su absorción y concentración en las partes cosechables.

- Fitoestabilización: uso de plantas para reducir la biodisponibilidad de los contaminantes en el entorno, mejorando las propiedades físicas y químicas del medio.

- Fitoinmovilización: uso de las raíces de las plantas para la fijación o inmovilización de los contaminantes en el suelo. Junto con la anterior son técnicas de contención.

- Fitovolatilización: uso de plantas para eliminar los contaminantes del medio mediante su volatilización, y para eliminar contaminantes del aire.

- Fitodegradación: uso de plantas y microorganismos asociados para degradar contaminantes orgánicos.

- Rizofiltración: uso de raíces para absorber y adsorber contaminantes del agua y de otros efluentes acuosos (Carpena y Bernal, 2007).

Tal como lo describen las distintas metodologías de fito-remediación expuestas anteriormente, las plantas utilizadas en ellas tienen una particularidad común, la cual corresponde a la tolerancia a los agentes contaminantes, a través de diversas estrategias que adoptan a un nivel fisiológico, para resistir los efectos tóxicos de dichos elementos. En este sentido, se conocen algunos mecanismos utilizados por las plantas para tolerar tanto metales pesados, como contaminantes de origen orgánico.

- Tolerancia a contaminantes de origen inorgánicos: los mecanismos usados por las plantas para resistir los efectos de este tipo de contaminantes, tienen una concepción fisiológica a nivel de la célula vegetal, la cual ha desarrollado adaptaciones en sus orgánulos y estructura general, para lograr adsorber, absorber o solubilizar este tipo de contaminantes.

- Tolerancia a contaminantes de origen orgánicos: los mecanismos utilizados por la planta para lograr resistir los efectos de este tipo de contaminantes, se dividen en dos: el primero de ellos ocurre a nivel de la rizósfera, en donde se la planta exuda compuestos orgánicos y proteicos, que son utilizados por comunidades microbianas que son capaces de metabolizar los contaminantes a formas menos tóxicas. Mientras que el segundo método, tienen lugar dentro de la planta, en donde los contaminantes pueden ser transportados hacia brotes y hojas, para posteriormente volatilizarse o metabolizarse en nuevas formas minerales y ser reutilizados.

14.2.9.2. Ventajas y desventajas de la fito-remediación

El objetivo principal de la fito-remediación de suelos es eliminar o reducir las concentraciones de contaminantes o de aquellos elementos, principalmente metales pesados y sales minerales, que producto tanto, de procesos naturales de meteorización, como del efecto antrópico de las labores culturales de cultivo y riego, se han acumulado en los suelos agrícolas. Sin embargo, para que dicho objetivo sea cumplido de forma exitosay el efecto de la fito-remediación sea palpable en la productividad de los predios tratados, debe asociarse también, el concepto de recuperaciónde la calidad de los suelos, la cual estará determinada en gran medida, por la proliferación de comunidades de microorganismos que se encarguen de metabolizar los nutrientes del suelo y así finalmente, sean fácilmente asimilables por las plantas.

En este sentido, esta fitotecnología posee ventajas y desventajas en relación a otras tecnologías convencionales, aplicadas para la corrección de limitantes de los suelos de cultivo. En el Cuadro 14.2.9.2-1 se observan las principales ventajas y desventajas asociadas a la fito-remediación de suelos.

**CUADRO 14.2.9.2-1**
**PRINCIPALES VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA FITO REMEDIACION DE SUELOS**

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|---|---|
| Es una tecnología sustentable | Es un proceso relativamente lento (cuando las especies son de vida larga, como árboles o arbustos) |
| Es eficiente para tratar diversos elementos *in situ* | Comparada con otras tecnologías empleadas esta requiere periodos de tiempo relativamente largos |
| Es aplicable en ambientes con degradación baja a moderada | Es dependiente de las estaciones |
| Es de bajo costo, no requiere de personal especializado para su manejo, ni consumo de energía | El crecimiento de la vegetación puede estar limitado por extremos de la toxicidad ambiental |
| Es poco perjudicial para el ambiente y genera menor perturbación del lugar | En algunos casos los elementos acumulados en las hojas pueden ser liberados nuevamente al ambiente durante el otoño (especies perennes) |
| No produce contaminantes secundarios y por lo mismo no hay necesidad de lugares para desecho | Los elementos pueden acumularse en maderas para combustión |
| Tiene una alta probabilidad de ser aceptadas por las comunidades en los alrededores de las áreas afectadas, debido a que es estéticamente agradable | No todas las plantas son tolerantes o acumuladoras |
| Evita la excavación y el tráfico pesado | La solubilidad de algunos contaminantes puede incrementarse, resultando en un mayor daño ambiental o migración de los mismos |
| Tiene una versatilidad potencial para tratar una gamadiversa de materiales peligrosos | Se requieren áreas relativamente grandes |
| Se pueden reciclar recursos (agua, biomasa, metales) | Puede favorecer el desarrollo de mosquitos (en sistemas acuáticos) |

**CUADRO 14.2.9.2-1**
**PRINCIPALES VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA FITO REMEDIACION DE SUELOS**

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|---|---|
| Emplea la energía solar; y los procesos biológicos, químicos y físicos emanados por las plantas para lograr la remediación (absorción, transformación, acumulación, extracción, reserva y degradaciónrizosférica microbiana) | Alcanzan únicamente hasta la profundidad a la cual llegan las raíces |
| Las plantas tienenla habilidad de resistir más concentraciones de contaminantes orgánicos que la mayoría de microorganismos | Las raíces de las plantas requieren oxígeno, así que no pueden penetrar bajo condiciones donde la textura del suelo, volumen de agua o proporciones de respiración microbiana son altas |
| Es un "biorreactor autónomo", manejado solarmente | El suelo está desnudo y sujeto a erosión durante las fases tempranas de establecimiento de la planta |
| Es una técnica que actúa en conjunto con la revegetalización y la biodegradación | Soluciones a largo plazo |
| Actúa paralela y positivamente sobre las propiedades físicas y químicas del suelo, mejorando las condiciones de salinidad, pH y estructura del suelo (Carpena y Bernal, | Otras condiciones físicas y químicas existentes en el suelo, tales como pH, salinidad y contenido de nutriente, pueden limitar el crecimiento de la planta* |

Fuente: Bernal (2014). Modificado de Núñez *et al.* (2004); Barrientos (2012); Torres y Zuluaga (2009).

### 14.2.9.3. Experiencias de Fito-remediación de Suelos

Si bien, esta metodología de remediación de suelos es capaz de tratar una amplia gama de problemáticas asociadas a concentraciones de elementos y compuestos químicos del suelo, por una parte, aun no se conocen la totalidad de los procesos fisiológicos involucrados en su proceso y a su vez, las experienciasy estudios existentes, solo han revelado en parte de los alcances de dicha metodología, siendo necesario asociar más de una variable de estudio, para así lograr esbozar propuestas de manejo ambientales y agronómicas concretas para el remediación de suelos, en este caso particular, con fines agrícolas.

La investigación a nivel mundial ha logrado notables avances en el área de la fito-remediación, sin embargo, éstos se han llevado a cabo de forma relativamente separada, permitiendo comprender los procesos de descontaminación de compuestos orgánicos e inorgánicos de los suelos. No obstante, en los terrenos de cultivos, generalmente se presenta un conjunto de contaminantes o elementos sobre la norma de tolerancia, en concentraciones variables, lo cual, tal como se mencionaba anteriormente, hace necesario asociar dichos agentes y con estos resultados, proponer alternativas de manejo integrales y efectivas.

En el Cuadro 14.2.9.3-1 se resumen los resultados de diversas experiencias de fito-remediación de suelos realizadas a nivel nacional y mundial.

## CUADRO 14.2.9.3-1
## ESTUDIOS DE CASO EN EL CAMPO DE LA FITO-REMEDIACIÓN

| Autor(es) | Investigación | Conclusión principal |
|---|---|---|
| Vargas *et al.* (2013). | "Comportamiento de la vetiveria (*Chrysopogon zizanioides* L. Roberty) como extractora de metales pesados en suelos contaminados" | La especie presentó dificultades para sobrevivir en suelos altamente contaminados por metales pesados como los de La Unión y Bustraviejo, sin embargo, presentó un buen desarrollo en el suelo del Cuadrón cuya actividad minera se había abandonado hace más de 100 años. |
| Carrillo, Juarez y Tejerina (2011) | "Aislamiento de microorganismos inocuos productores de sideróforos para sistemas de fito-remediación" | Mediante la interacción planta-microorganismo se logra acrecentar la potencialidad de las plantas para acumular metales y hacer más eficiente el proceso |
| Morales & García (2011) | "Evaluación de *Raphanus sativus* como bioacumulador de cadmio" | Es posible concluir que *Raphanus sativus* (rábano) tuvo la capacidad de acumular cadmio en tallo, raíz y hojas. En las tres concentraciones se observó crecimiento y biacumulación de este elemento por la planta. |
| Ortiz *et al.* (2009) | "Fitoextracción de plomo y cadmio en suelos contaminados usando quelite (*Amaranthus hybridus* L.) y micorrizas" | Los resultados indican que la adición de micorrizas incrementó significativamente ($P<0,05$) la concentración de Pb y Cd en raíz tallo y hoja de quelite. Las concentraciones de estos metales se incrementaron significativamente conforme la edad de la planta. |
| Muena, González y Neaman (2010) | "Efectos del encalado y la fertilización nitrogenada sobre el desarrollo de *Oenothera affinis* en un suelo afectado por la minería del cobre" | La aplicación de $Ca(OH)_2$ a los suelos de Los Maitenes disminuyó las concentraciones de Cu y la actividad del $Cu^{+2}$ en la solución. Sin embargo, esto no afectó el tiempo ni el porcentaje de emergencia de cotiledones. Las plantas no sobrevivieron en suelos no encalados, observándose por el contrario un 100% de supervivencia en los tratamientos encalados |
| Cerda, Aldaco, Montemayor, Fortis, Olague y Villagómez (2007) | "Aprovechamiento y mejoramiento de un suelo salino mediante el cultivo de pastos forrajeros" | La reducción de la conductividad eléctrica del suelo, así como de los cationes $Na^{+}$ y $Ca^{+2}$ y aniones $Cl^{-}$ y $HCO_3^{-2}$, expresó una disminución en la salinidad del mismo, por efecto del cultivo de las tres especies de zacates. Mayor liberación de sales, expresada por una menor concentración de cationes y aniones en suelo, así como cationes en planta para zacate bermuda, permitió concluir que esta especie presentó mejor comportamiento en la reducción de sales del suelo. |
| Ortega (2009) | Fito-remediación de suelo contaminado por plomo (Pb), cadmio (Cd) y Arsénico (As) mediante la especie vegetal *Nicotiana glauca* G. | La planta, Nicotiana glauca G. absorbió metales pesados en las siguientes cantidades: 358,46 mg/kg de Plomo, 155,26 mg/kg de Arsénico y 298,9 mg/kg de Cadmio, por lo que se puede concluir que a pesar que absorbió más Plomo, la planta tiene mayor afinidad porcentual por absorber Cadmio y Arsénico en su biomasa. |
| Ugalde, Goykoviv (2015) | "Remediation of boron contaminated water and soil with vetiver phytoremediation technology in northern Chile" | Los resultados del ensayo nos permitieron concluir que la Tecnología de Fito-remediación de Vetiver es una tecnología adecuada para remediar el boro, el arsénico y los metales pesados en la Región de Arica Parinacota.<br>La prueba en boro mostró que Vetiver puede disminuir el boro en agua sólo por un pequeño porcentaje; Sin embargo, esta reducción de 2 mg/L es suficiente para introducir nuevos cultivos de alto rendimiento en el Valle de Lluta.<br>En cuanto a la fito-remediación del boro en el suelo, la disminución fue altamente significativa (96%). Este hecho es muy significativo para el valle, ya que el menor contenido de boro en el suelo permitirá la introducción de nuevos cultivos y mayores rendimientos de los cultivos existentes en el área de 3.000 hectáreas, lo que no fue posible en el suelo no tratado. Además, ha demostrado que la Tecnología de Fito-remediación de Vetiver es altamente eficiente en la remediación de plomo y manganeso, mientras que la remediación de agua en el arsénico es moderada. |

Fuente: Elaboración propia a partir de Bernal (2014).

### 14.2.9.4. Propuesta de Manejo y Fito-remediación de Suelos

La presencia de salinidad y sodio en los suelos interfiere en el crecimiento adecuado de la mayoría de los cultivos y por lo tanto constituye uno de los problemas más serios que enfrenta la agricultura sostenible (Zúñiga, Osorio, Cuero y Peña, 2011). En este sentido, en la zona de estudio, tanto los niveles de salinidad, como de concentraciones de sodio son altamente restrictivos para la práctica de la agricultura, reduciendo las alternativas de cultivo solo a especies fuertemente tolerantes a estas condiciones y que a lo largo del tiempo han logrado adaptarse a ellas. Sin embargo, antes de plantearse la posibilidad de diversificar esta oferta de cultivos,se deberá realizar una fuerte inversión técnica y económica para tratar de revertir las características de calidad, tanto de los suelos cultivables de la zona, como de las aguas con que se irrigan dichos terrenos.

Junto con la problemática antes señalada, relacionadas directamente con la salinidad de los suelos de cultivo y los altos niveles de sodio presentes en ellos, hay que contemplar otra gran limitante presente en los suelos del área de estudio, que dice relación con las altas concentraciones de metales pesados existentes, en especial los niveles de arsénico y boro, que provocan diversos inconvenientes tanto en las especies cultivadas, como en la salud humana que pueda consumir productos hortofrutícolas con contenidos elevados de estos elementos en sus tejidos.

Según lo mencionado anteriormente, debido a la presencia de estas graves limitantes, relacionadas a la calidad de los suelos de cultivo, que, en conjunto con la problemática asociada a la calidad del agua de riego disponible, hacen necesario plantear un programa de manejo extenso, tanto en tiempo de trabajo, como en recursos técnicos, profesionales y económicos invertidos. De este modo, en el presente acápite, se presentará una primera aproximación a una propuesta de manejo, que integrará las medidas de manejo de suelos salino – sódicos expuestos en acápites anteriores, con alternativas de fito-remediación que se adapten a los requerimientos de los suelos de la zona, todo lo cual, se sostendrá sobre un escenario de calidad de aguas mejorado, según se plantea en capítulos anteriores del estudio. En el Cuadro 14.2.9.4-1 se presentan las propuestas de fito-remediación de suelos consideradas en el área de estudio y la problemática que busca resolver.

Cabe destacar, tal como se menciona al inicio del presente acápite, que la fito-remediación de suelos comprende el uso conjunto de plantas, enmiendas del suelo y técnicas agronómicas. En este sentido, junto con las técnicas de convencionales utilizadas, principalmente, para la reducción de los niveles de salinidad y sodio en los suelos de cultivo, se recomiendan también otras metodologías de recuperación de suelos, que permitirán complementar los efectos beneficiosos de los tratamientos de fito-remediación planteados anteriormente. Entre estas metodologías se pueden mencionar:

- Biofertilizantes: comprenden una amplia gama de microorganismos benéficos, capaces de generar enzimas que ayudan a la degradación de la materia orgánica, como también fijando directamente el nitrógeno atmosférico y liberando la disponibilidad de Fósforo, Hierro, Calcio, entre otros. En general, son capaces de entregar en estado asimilable los distintos elementos nutritivos para las plantas y protegerlas de enfermedades y agentes patógenos. En el mercado se pueden encontrar numerosas marcas y formatos de este tipo de productos y apuntan al tratamiento de problemáticas específicas, asociadas tanto a los cultivos propiamente, como al establecimiento de las condiciones para su desarrollo (tratamientos de suelos y agua de riego).

- Biopolímeros: Una de las características de los suelos salinos y salino – sódicos es la falta de estructura, esta tecnología tiene la ventaja de estabilizar y formar agregados en la estructura del suelo, para así mejorar la velocidad de infiltración y por medio de lavado, facilitar el lixiviado de las sales presentes. En el mercado existen numerosas marcas de productos, que, junto con entregar nutrientes esenciales para las plantas, contribuyen en el mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, facilitando en algunos casos, la liberación y posterior asimilación de nutrientes del suelo, por parte de los cultivos.

- Electromagnetismo: Si bien esta técnica, en la actualidad se utiliza mayormente a nivel experimental, se fundamenta en la utilización campos magnéticos para acelerar la acción dinámica de los microorganismos benéficos, realizando un proceso de rehabilitación químico-biológico sobre los suelos afectados por la salinidad, reduciendo el tiempo y aumentando la eficiencia del mejoramiento a través de la actividad biológica.

**CUADRO 14.2.9.4-1**
**PROPUESTAS DE FITO REMEDIACION DE SUELOS**

| Propuesta de manejo | Objetivo | Elemento o problemática a tratar |
|---|---|---|
| Cultivo de especies forrajeras, tales como el sorgo forrajero (*Sorghum sudanense)*, ballica (*Lolium perenne)* y pasto bermuda *(Cynodon dactylon)* para la reducción de la salinidad de los suelos de cultivo. | Tratamiento de suelos salinos, con especies forrajeras excretoras de sal, capaces de abarcar grandes extensiones de suelos de cultivo, de forma económica y sustentable, reduciendo riesgos de erosión de suelos y entregando una alternativa de forraje para el ganado criado en la zona. | Tratamiento de suelos salinos |
| Establecimiento de cuarteles de cultivo de *Nicotiana glauca*, para la extracción de metales pesados de los suelos de cultivo | Tratamiento de suelos con altas concentraciones de metales pesados. El denominado palqui inglés, es capaz de extraer un promedio de 250g de metales pesados, tales como el plomo (Pb), cadmio (Cd) y Arsénico (As), por kilógramo de suelo tratado, a profundidades de hasta 30 cm. | plomo (Pb), cadmio (Cd) y Arsénico (As) |
| Fitoextracciónde metales pesados por medio de vetiver (*Chrysopogon zizanioides* L.) Metodología aplicada en paralelo, tanto en los suelos de cultivo, como en las aguas a utilizar en el riego de los mimos (Ver acápite anterior, referido a Fitorremediacion de aguas) | Tratamiento de suelos con alta salinidad y concentraciones de metales pesados. El establecimiento de sistemas vetiver tanto en acumuladores de agua para riego, dispuestos sobre balsas flotantes, capaces de retener metales pesados en sus raíces, como también, sobre los suelos de cultivo, permitirán reducir los niveles de boro (B)y arsénico (As), metales pesados presentes en altas concentraciones en los suelos cultivables del área de estudio. Se dispondrán plantas de vetiver sobre terrazas de cultivo, las que serán retiradas en un plazo de 3-6 meses, para posteriormente establecer nuevos cultivos sobre ellas, lo que, en conjunto con la disminución de los contaminantes del agua, permitirán ampliar paulatinamente las alternativas de cultivo en el área de estudio. | Tratamiento de suelos salino-sódicos y con altas concentraciones de metales pesados tales como: arsénico (As), boro (B), cadmio (Cd), cromo (Cr), níquel (Ni), plomo (Pb), mercurio (Hg), selenio (Se), cobre (Cu) y zinc (Zn) |

Fuente: Elaboración propia

### 14.2.10. Otras Tecnologías de Tratamiento de Aguas

#### 14.2.10.1. SolArsenic

El Advanced Mining Technology Center (AMTC)[21], se encuentra investigando, por medio de distintos tipos de financiamiento, en equipos de tratamiento de aguas para la remoción de arsénico mediante nanomateriales y energía solar (SolArsenic).

"El proyecto consiste en el diseño y construcción de un equipo de tratamiento de aguas que pueda convertir el arsénico III (la especie más tóxica y difícil de adsorber) a arsénico V (menos tóxica y más fácil de adsorber) mediante fotooxidación, y luego lograr su adsorción progresiva usando un solo sistema de reacción, todo utilizando principalmente la luz solar como fuente de irradiación. El proyecto propone además una solución tecnológica consistente en el diseño de un material bifuncional que actúe como fotooxidante y adsorbente, basado en nanomateriales con propiedades específicas de morfología, química superficial y proporción másica. Estos nanomateriales estarán en suspensión en una solución acuosa de arsénico, la cual circula continuamente dentro de este sistema fotorreactor hasta obtener las condiciones requeridas. El equipo tendrá un diseño hidráulico óptimo para favorecer la máxima capacidad de adsorción del material bifuncional" (www.amtc.cl).

En conversación con la investigadora que encabeza el proyecto -Andreina García- se platica que este tipo de tecnología está pensado para comunidades remotas, con problemas de arsénico en el agua y una alta radiación solar, cosa que ocurre en las comunidades del norte de Chile. Durante el presente año se encuentran desarrollando un mecanismo que permita la disposición de los residuos en recipientes, por medio de una matriz sólida, de manera de facilitar la disposición de los residuos peligrosos, además de estudiar la forma de darle un nuevo uso a los filtros. Durante el año 2018 esperan poder seleccionar pilotos para poder probar los prototipos.

Si bien este proyecto se encuentra en fase de obtención de patente, por lo que la información es bastante restringida, se generan los vínculos con la académica García para posteriores consultas.

#### 14.2.10.2. Caso de Estudio: Planta de Abatimiento de Boro y Arsénico

Como información de calidad de aguas de interés, se analiza el caso de la Planta de Abatimiento de Boro y Arsénico, ubicada en el predio de la Sra. Agustina Morales. La Sra. Agustina es parte de la Comunidad de Aguas del canal Coco La Villa y realiza actividades agrícolas en conjunto con su familia.

[21]Perteneciente a la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, de la Universidad de Chile.

El proyecto consiste en la instalación de una planta de abatimiento de boro y arsénico, para implementar el riego de hortalizas en invernadero.

En la Figura 14.2.10.2-1 se presenta la figura esquemática del proyecto, facilitada por el encargado CNR Regional.

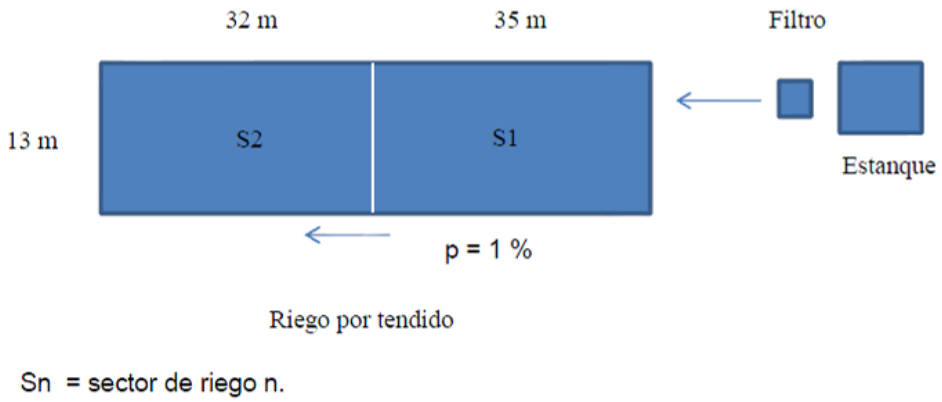



**FIGURA 14.2.10.2-1**
**ESQUEMA DEL PROYECTO**

Fuente: CNR Antofagasta, 2016.

Según lo relatado por el encargado CNR Regional, ha habido algunos casos piloto de experiencias similares que no han seguido su funcionamiento, especialmente debido a los altos costos y dificultades para conseguir los insumos necesarios para el funcionamiento.

Este proyecto inicialmente ha sido financiado por la CNR a través de fondos de la Ley 18.450 el año 2013, con una superficie beneficiada de 0,1 ha, una inversión total de $40.405.252 y un aporte del Estado de $31.920.123. Además, se ha ido financiando de diversas formas el proyecto, ya que tiene un costo de funcionamiento alto, por eso actualmente se encuentran implementando la generación de energía eléctrica a partir de paneles solares, proyecto que fue financiado por CONADI a través del fondo Puri Beter. Los muestreos de calidad de aguas los realizan periódicamente en convenio con una empresa privada. También se financiaron los estanques de agua a través de CONADI.

El Sistema Manual de Extracción de Boro y Arsénico está diseñado para tratar agua de riego con una concentración de entrada al sistema, según se indica en el Cuadro 14.2.10.2-1.

**CUADRO 14.2.10.2-1**
**CONCENMTRACIONES DE ENTRADA Y SALIDA**

| Parámetro | Entrada al Sistema (mg/L) | Salida del Sistema (mg/L) |
|---|---|---|
| Boro Total | 15 | ≤0,75 |
| Arsénico Total | 3 | ≤0,1 |

Fuente: CNR Antofagasta, 2016.

El sistema cuenta con una capacidad de producción máxima de 50 m³/día de agua tratada, según las concentraciones de contaminantes antes mencionadas.

La planta opera desde el año 2013, sin embargo, se han producido una serie de desperfectos y problemas con los insumos, lo que se traduce en constantes paralizaciones de la planta. Para no perder la producción, se continúa regando con agua potable, aumentando los costos. Estas paralizaciones se producen debido a la alta rotación que se debe realizar de los filtros, especialmente el de boro y a la dificultad para conseguir ácido sulfúrico, insumo con que se mantienen los filtros. Los insumos deben conseguirse principalmente en Santiago o Arica.

Al consultar a otros agricultores si conocen la experiencia de estos agricultores, en algunos casos la respuesta es afirmativa, pero se presenta la visión de que es costoso y que la planta paraliza en muchas ocasiones. Al consultar sobre el tipo de agricultura que implementarían si tuvieran una mejor calidad de agua, hay una parte de los agricultores que quiere seguir con una mejor producción de los cultivos tradicionales, ya que creen que la reconversión a una agricultura tecnificada podría ser un daño a su cultura y tradiciones. A pesar de esto, hay dos agricultores interesados en implementar una experiencia similar y el sistema se está implementando también en Toconao y en la región de Arica y Parinacota.

Esta experiencia ha permitido producir nuevos cultivos para la zona, como lechugas, alcayotas, zapallos y melones; también existe potencial para acelgas, frutillas y albahaca. El estudio de mercado realizado por los agricultores para implementar este proyecto dio como resultado que se requieren 8.500 lechugas semanales, de las cuales ellos abastecen de 300 a 500 lechugas semanales.

Como corolario de la experiencia implementada por la Sra. Agustina Morales y por don Franco Centella, a continuación, se presentan las ventajas, desventajas y desafíos de este proyecto:

Ventajas:

- Producción de nuevos cultivos para abastecer el mercado de Calama.

- Proyecto integral, con el compromiso de varias instituciones del Estado para facilitar la implementación de los distintos componentes (invernaderos, estanques, paneles solares, planta tratamiento).

- Agricultores comprometidos.

Desventajas:

- Alto costo de energía eléctrica.

- Dificultad para conseguir insumos como filtros y ácido sulfúrico.

- Largos periodos de paralización debido a lejanía de empresa de suministros y mantención.

- Baja eficiencia del sistema, debido a los altos niveles de boro y arsénico, lo que se traduce en un rechazo de una parte importante del agua.

- Dificultad para disponer y retirar los residuos del estanque de abatimiento.

- Duración de la matriz macro-porosa de 5 años con un uso en condiciones de diseño.

Desafíos:

- Generación y fomento de economías de escala que permitan disminuir los costos de inversión y operación. Esto puede generarse a través de la promoción de mecanismos de asociatividad entre los agricultores que faciliten la adquisición de insumos químicos.

Se presenta la Fotografía 14.2.10.2-1 de una de las visitas a terreno efectuadas al predio. En ellas se pueden ver los distintos componentes del proyecto.

**FOTOGRAFÍA 14.2.10.2-1**
**ESQUEMA DEL PROYECTO Y FOTOGRAFIAS VISITAS PREDIO**

Fuente: Elaboración propia en base a CNR.

Dentro de la información proporcionada por el encargado de la CNR Regional se encuentra un monitoreo de calidad de agua tanto del agua cruda que ingresa a la planta, como del efluente de la planta de tratamiento. Los resultados se presentan en el Cuadro 14.2.10.2-2, en éstos se puede ver que el tratamiento del agua es muy eficiente, dejando el agua con una calidad asimilable al agua potable. El potencial de tratamiento de la planta es de 1 $m^3$/día.

**CUADRO 14.2.10.2-2**
**MONITOREO CALIDAD DE AGUA PLANTA DE ABATIMIENTO DE BORO Y ARSÉNICO**

| Parámetro | Punto de Extracción | Fecha | Resultado (mg/L) |
|---|---|---|---|
| Arsénico | Afluente planta de tratamiento | 10/07/2015 | 1,191 |
| Boro | Afluente planta de tratamiento | 16/07/2015 | 13,27 |
| Arsénico | Efluente planta de tratamiento | 10/07/2015 | < 0,001 |
| Boro | Efluente planta de tratamiento | 16/07/2015 | 0,04 |

Fuente: Elaboración propia en base a CNR.

### 14.2.11. Conclusiones Generales Líneas de Acción

Tras describir y analizar las diversas líneas de acción propuestas con miras a posibilitar el desarrollo agrícola de la zona, y después de analizar los resultados de la evaluación económica de los escenarios de proyecto modelados; surge la claridad que la vía de mayor factibilidad e impacto para lograr un creciente y satisfactorio desarrollo agrícola en la zona, es la vía del mejoramiento de calidad de aguas para riego, dado su comparativamente mayor impacto en la productividad agrícola (directa e indirectamente).

Ejemplos exitosos de abatimiento de contaminantes en el agua como el descrito en el anterior acápite, asociados a producción de cultivos sobre sustratos artificiales, no hacen más que abalar la idea de invertir en calidad de aguas antes que en cantidad, evaluando para tales fines la posibilidad cierta de prescindir del suelo como sustrato de cultivo, dado el costo económico y temporal de mejorarlo.

Es de esta forma como el desarrollo del estudio se encamina en la dirección de "generar un cambio de paradigma" en cuanto al mejoramiento y optimización de los recursos, a través de la concepción de un escenario alternativo de proyecto que considere tratamiento de aguas asociado a cultivos sin uso de suelos, propuesta cuya descripción y análisis, son materia del siguiente capítulo.

## 14.3. Obstaculizadores en la Implementación de las Soluciones

### 14.3.1. Introducción

En este acápite se presentan los principales obstaculizadores a nivel del área de estudio, para la implementación de las soluciones, basándose principalmente en lo indicado en

las distintas reuniones, entrevistas, visitas a terreno, entre otros. Estos obstáculos vienen a sumarse a las limitaciones del territorio ya descritas anteriormente en este informe.

Entre estas barreras se encuentran las relacionadas con lo institucional, con lo organizacional y con lo financiero. Estas barreras potencian las brechas e impiden alcanzar la imagen objetivo o situación deseada. A modo de facilitar la comprensión de esta idea, se presenta la Figura 14.3.1-1.

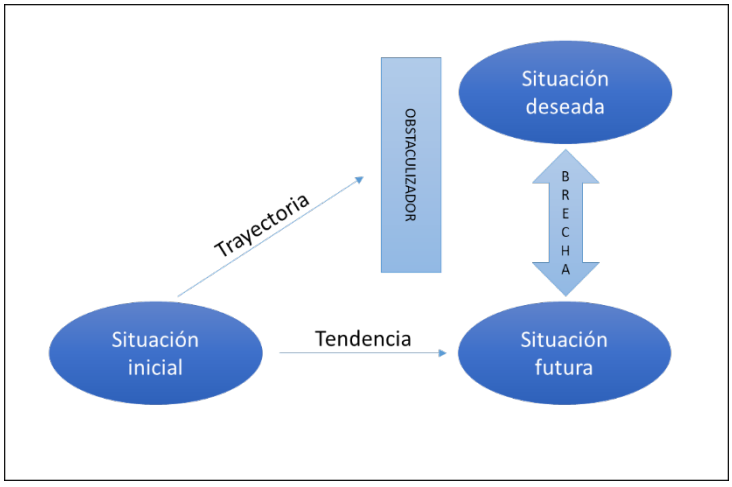



**FIGURA 14.3.1-1**
**ESQUEMA OBSTACULIZADORES EN LA PLANIFICACIÓN SITUACIONAL**

Fuente: Elaboración propia, basado en Bracesco, 2004.

## 14.3.2. Obstaculizadores

El acceso al financiamiento es prioritario para los pequeños productores, tanto para adquirir insumos, como para poder efectuar los mejoramientos que en este estudio se proponen. A este nivel de agricultura se tiene escaso o nulo acceso a instrumentos de financiamiento, lo que se ve intensificado para los agricultores de la zona que en una gran parte no califican como usuarios INDAP, por no tener ingresos principalmente provenientes de la explotación agrícola o actividad silvoagropecuaria, por no tener la propiedad de la tierra, o del agua. Muchos agricultores tienen otras actividades económicas principales, complementando sus actividades con la agricultura, lo que también significa una barrera a la hora de postular a estos fondos.

Para el caso de los concursos de la Ley de Riego 18.450, los requisitos básicos consisten en “demostrar ser poseedores, arrendatarios, usufructuarios o meros tenedores de un predio agrícola y poseer derechos de aguas inscritos, contando, además, con el asesoramiento de un consultor inscrito en el Registro Público Nacional de Consultores de la Comisión Nacional de Riego, para la elaboración y ejecución del proyecto, en la(s) categoría(s) que indiquen las Bases Concursales”.

Resulta complejo para un pequeño productor acceder a las líneas de financiamiento antes descritas, lo que se ejemplifica en diversos casos levantados durante la ejecución del estudio.

Durante las entrevistas se presentó la inquietud de que muchos agricultores no cuentan con los derechos de aprovechamiento de aguas, los que habrían sido vendidos a empresas mineras, pero que, sin embargo, continúan recibiendo el agua. Esto resulta extensivo a los agricultores de la ciudad de Calama.

En el caso de la propiedad de los terrenos, hay agricultores que se encuentran en un largo proceso de obtención de tierras que son actualmente de Bienes Nacionales. Sobre este aspecto hay agricultores que están regularizando sus terrenos por medio de programas INDAP para este fin, en los sectores de Verdes Campiñas, Chunchuri, La Banda y Cerro Negro de Calama. Dentro de este proceso, hay quienes han visto truncada su tramitación, ya que los terrenos ubicados en zonas urbanas no pueden regularizar mediante estos programas.

Asociado a este último tema, los agricultores que deben demostrar tener un predio agrícola, encontrarán la dificultad de encontrarse en un área urbana.

Para el caso de Ayquina, durante los procesos de regularización de tierras se ha producido un problema, que terminó con la cancelación de la escritura y, por ende, el Estado no pudo seguir invirtiendo en la comunidad. Este problema se encuentra en vías de solución, por parte de la Comunidad Indígena de Ayquina y CONADI.

Otro tema conversado con el Coordinador Regional de Riego de la Región de Antofagasta -Jorge Trujillo- es la falta de Consultores CNR, lo que repercute en la imposibilidad de diseñar y construir los proyectos por medio de la Ley de Riego.

Hay algunos requisitos que las instituciones han ido flexibilizando, sin embargo, se trata de soluciones temporales que tienen que ver con las voluntades más que con la normativa.

También hay limitaciones al acceso a los insumos agrícolas, ya que no hay proveedores que tengan precios competitivos y permitan al agricultor bajar sus costos. Ciertos insumos agrícolas, como los asociados a las plantas de tratamiento de abatimiento de boro y arsénico deben ser adquiridos en Santiago, La Serena o Arica, lo que encarece el funcionamiento de este tipo de plantas.

Desde el punto de vista organizacional, las organizaciones de usuarios de aguas se organizan a nivel básico u operativo, primordialmente han sido algunas comunidades indígenas que han accedido a fondos de CONADI para la reparación de canales u obras comunitarias.

# CAPÍTULO 15

# EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA-SOCIAL DE LOS ESCENARIOS

# 15. EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA-SOCIAL DE LOS ESCENARIOS

## 15.1. Introducción

En este capítulo se presenta la evaluación económica de los escenarios, considerándose los costos y beneficios determinados en el estudio.

## 15.2. Indicadores de Rentabilidad

El principal indicador de rentabilidad en la evaluación de proyectos corresponde al Valor Actual Neto (VAN), el que se priorizará al momento de seleccionar la alternativa óptima económica. Esto es debido a que es un indicador que permite comparar la rentabilidad en términos absolutos de proyectos con inversiones de distinta magnitud. Además, como complemento, se determinará la Tasa Interna de Retorno (TIR), VAN/Inversión (VAN/I) y razón n/k. Estos indicadores son comúnmente utilizados en este tipo de evaluación, pero presentan dificultades para comparar proyectos con distinto nivel de inversión.

En general, el VAN se calcula con la siguiente ecuación:

$$VAN = \sum_{i=1}^{30} \left( \frac{B_i - O_i - I_i}{(1+r)^i} \right) - I$$

donde:

VAN : Valor actual neto

Bi : Beneficios del proyecto en el periodo i

I : Inversión inicial

Oi : Operación y mantención anual al año i

Ii : Inversión anual (durante el período de construcción)

r : Tasa de descuento

Por otra parte, la TIR se calcula como la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero:

$$\sum_{i=1}^{30}\left(\frac{B_i - O_i - I_i}{(1+TIR)^i}\right) - I_0 = 0$$

Adicionalmente el IVAN se calcula como la razón entre el VAN calculado anteriormente y la inversión actualizada ($I_{act}$) dada por:

$$I_{act} = \sum_{i=1}^{30}\frac{I_i}{(1+r)^i} + I_0$$

Por último, la razón n/k queda dada por:

$$n/k = \frac{\sum_i Flujos\ Actualizados\ Positivos_i}{|\sum_i Flujos\ Actualizados\ Negativos_i|}$$

Cuando n/k es >1, el proyecto es rentable, y no rentable en caso contrario.

## 15.3. Condiciones de Evaluación

Los parámetros básicos para el cálculo de estos indicadores son los costos de inversión y mantenimiento, el beneficio anual esperado y las tasas de descuento. Ésta última toma valores distintos dependiendo del uso objetivo del proyecto y el tipo de precios (privados o sociales) evaluados. En este caso, se considera un 6% para la evaluación social y 12 % para la evaluación privada. Se considera un horizonte de evaluación igual a 30 años, y no se consideran impuestos de ningún tipo. Por último, se considera un nivel de precios a Diciembre de 2016, con un valor de UF de 26.315,28.

## 15.4. Costo de las Obras Asociadas a los Escenarios

Con el fin de realizar la evaluación económica, se determinó un costo preliminar de las obras para cada escenario. Para el cálculo se consideraron proyectos de mejoramientos de canales desarrollados por este Consultor, cuyos parámetros de costos se presentan en el Cuadro 15.4-1, donde se muestra que en promedio el mejoramiento de los canales tiene un costo unitario de 14,5 UF/m, valor que en moneda de diciembre 2016 asciende a $ 381.572 por metro lineal. Para el presupuesto se adopta $ 380.000 por metro lineal para los canales revestidos. Para los canales sin revestir, se adoptó un valor un 30% superior, ascendiente a $ 494.000 por metro lineal. Además, se considera un factor social de 0,95.

Por otra parte, en el Anexo 15-1 se muestran las longitudes de canal consideradas para el mejoramiento, y el costo del mejoramiento, costos que se muestran en el Cuadro 15.4-2.

**CUADRO 15.4-1**
COSTOS MEJORAMIENTO DE CANALES PARA LEY DE RIEGO

| Canal | Costo Total Mejoramiento (UF) | Longitud Mejoramiento (m) | Costo Unitario Mejoramiento (UF/m) |
|---|---|---|---|
| Tramo Canal Surire | 3.393,4 | 337,6 | 10,1 |
| Tramo Canal Camiña | 27.656,3 | 1.980 | 14,0 |
| Tramo Canal Lucano | 7.706,4 | 517 | 14,9 |
| Tramo Canal Azapa | 12.886,5 | 680 | 19,0 |
| **Promedio** | | | **14,5** |

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 15.4-2**
**COSTOS DIRECTO MEJORAMIENTO DE CANALES ESCENARIO 1 ($)**

| Escenario | Ayquina | Calama | Lasana ChiuChiu | Paniri | Turi | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Costo Privado ($)** | | | | | | |
| Esc 1 | 113.637.010 | 2.051.307.447 | 1.319.011.814 | 103.200.567 | 18.794.277 | 3.605.951.115 |
| Esc 2 | 189.395.016 | 4.113.613.310 | 2.549.415.547 | 198.264.679 | 119.958.273 | 7.170.646.825 |
| Esc 3 | 340.911.029 | 7.661.713.508 | 3.554.300.407 | 293.328.792 | 225.039.980 | 12.075.293.716 |
| **Costo Social ($)** | | | | | | |
| Esc 1 | 107.955.159 | 1.948.742.075 | 1.253.061.224 | 98.040.538 | 17.854.563 | 3.425.653.559 |
| Esc 2 | 179.925.265 | 3.907.932.644 | 2.421.944.769 | 188.351.445 | 113.960.359 | 6.812.114.484 |
| Esc 3 | 323.865.477 | 7.278.627.833 | 3.376.585.387 | 278.662.353 | 213.787.981 | 11.471.529.030 |

Fuente: Elaboración propia.

Luego en el Cuadro 15.4-2 se muestran los costos del embalse Turi, asociados al Escenario 2 y 3, y diferentes tamaños de embalse. El detalle de los cálculos se basa en el uso de la información contenida en el estudio "Perfil Embalse Turi", desarrollado por este Consultor para la DOH en el marco del estudio "Estudio de Prefactibilidad: Alternativas de Obras de Regulación y Control de Crecidas en la Hoya del Río Salado (Afluente del Río Loa), Región de Antofagasta". Se hace notar que el costo de las expropiaciones es nulo, ya que las tierras a utilizar son terrenos fiscales o indígenas, en los que no hay asentamientos humanos. El detalle de los cálculos se muestra en el Anexo 15-1.

Por otra parte, el cambio en la operación del embalse Conchi no tiene costo como obra, por lo que no se evalúa económicamente.

Para la evaluación de costos del Escenario 6 se usa como fuente el proyecto "Estudio de Prefactibilidad Mejoramiento Sistema de Riego en Río San Pedro, San Pedro de Atacama, Región de Antofagasta", desarrollado por este Consultor para la CNR. El detalle del cálculo se presenta en el Anexo 6-1. El cálculo muestra que a nivel de perfil se adopta un valor unitario de UF 33,9 por metro lineal como costo social. Los valores adoptados por sub-escenario se muestran en el Cuadro 15.4-3.

**CUADRO 15.4-2**
**COSTOS EMBALSE TURI ESCENARIO 2 y 3**

| Escenario | Volumen ($hm^3$) | Precios Privados (Millones $) | Precios Sociales (Millones $) |
|---|---|---|---|
| 2 | 8,4 | 23.761.942.557 | 22.969.831.907 |
| 3 | 10,7 | 28.392.360.121 | 27.465.562.122 |
| 3 | 13,4 | 33.121.351.402 | 32.060.055.278 |
| 3 | 16,1 | 37.556.974.465 | 36.371.938.571 |
| 3 | 18,8 | 41.762.906.286 | 40.462.439.523 |
| 3 | 21,5 | 45.781.881.937 | 44.372.669.167 |

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 15.4-3**
**COSTO MEJORAMIENTO TRAMOS DEL RÍO ESCENARIO 6**

| Tramo Río | Longitud (km) | Costo Privado | Costo Social |
|---|---|---|---|
| | | (millones $) | |
| **Escenario 6-1** | 10,0 | 9.077.469.638 | 8.911.631.961 |
| **Escenario 6-2** | 13,0 | 11.800.710.529 | 11.585.121.550 |
| **Escenario 6-3** | 16,0 | 14.523.951.421 | 14.258.611.138 |
| **Escenario 6-4** | 39,0 | 35.402.131.588 | 34.755.364.649 |

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso del Escenario 7, se estima una longitud de tubería de 30 km, y sus costos se muestran en el Cuadro 15.4-4.

**CUADRO 15.4-3**
**COSTO MEJORAMIENTO ESCENARIO 7**

| Longitud (km) | Costo Privado | Costo Social |
|---|---|---|
| | (millones $) | |
| 30,0 | 27.232.408.914 | 26.734.895.884 |

Fuente: Elaboración propia.

Dado que el Escenario 8 incluye el uso del embalse Conchi, no es posible evaluarlo económicamente.

Por último, para el Escenario 9 se considera además al costo del embalse el de la minicentral. Para fines de cálculo se considera un costo de construcción de la MCH de 2.500 US$/kW y de 25.000.000 $/km de línea de transmisión hasta Calama. Para este parámetro se considera una distancia de 60 km. En el Cuadro 15.4-5 se resumen los costos de la MCH.

**CUADRO 15.4-7**
**COSTOS DIRECTO MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA**

| Volumen ($hm^3$) | Potencia (kW) | Costo MCH ($) | Costo Línea ($) | Costo Total ($) |
|---|---|---|---|---|
| 11,3 | 43,1 | 71.785.205 | 1.500.000.000 | 1.571.785.205 |
| 20,9 | 53,9 | 89.773.145 | 1.500.000.000 | 1.589.773.145 |
| 34,7 | 64,7 | 107.761.085 | 1.500.000.000 | 1.607.761.085 |

Fuente: Elaboración propia.

Para el escenario de calidad de aguas al pie de la presa, se tiene que para tratar un caudal efluente desde el embalse de 400 L/s, se requiere una planta de tratamiento de 21.600 $m^3$ de capacidad diaria de producción. Por razones operativas se estima adecuado solo usar energía solar para la operación. Al considerar los resultados del proyecto fotovoltaico Azabache[1], y asumiendo que se requieren 2,5 $kWh/m^3$, se determinó que se requiere una superficie de paneles de 7,0 ha.

En forma simplificada se determinó que el costo de la planta de tratamiento es del orden de $ 5.530 millones y el del parque fotovoltaico es del orden de $ 4.000 millones.

Para todos los escenarios se considera que el costo de operación es de un 0,5% del costo directo, y el costo ambiental es igual a un 8% del costo directo, ambos valores basados en proyectos anteriores desarrollados por este Consultor.

## 15.5. Resultados de la Evaluación Económica

En el Cuadro 15.5-1 se muestran los resultados de la evaluación económica, tanto a precios privados como sociales. Se observa claramente que ninguno de los escenarios propuestos es rentable. Los resultados se presentan en detalle en el Anexo 15-2.

[1] Proyecto Fotovoltaico Azabache. Enel Green Power Chile Limitada. Diciembre 2013

**CUADRO 15.5-1**
**RESULTADOS EVALUACIÓN ECONÓMICA**

| Precios de Mercado | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Escenario** | | **VAN (Millones $)** | **Tir (%)** | **n/k** | **IVAN** |
| 1 | Esc 1-1 | -4.491,3 | No Hay | -1,58 | 0,03 |
| | Esc 1-2 | -8.966,7 | No Hay | -1,59 | 0,02 |
| | Esc 1-3 | -12.356,1 | No Hay | -1,63 | 0,01 |
| 2 | Esc 2 | -24.076,7 | No Hay | -1,61 | 0,02 |
| 3 | Esc 3-1 | -28.938,6 | No Hay | -1,62 | 0,02 |
| | Esc 3-2 | -33.776,9 | No Hay | -1,62 | 0,02 |
| | Esc 3-3 | -38.401,7 | No Hay | -1,63 | 0,02 |
| | Esc 3-4 | -42.809,9 | No Hay | -1,63 | 0,01 |
| | Esc 3-5 | -47.022,6 | No Hay | -1,63 | 0,01 |
| 4 | Esc 4-1 | -24.095,2 | No Hay | -1,61 | 0,02 |
| | Esc 4-2 | -25.875,0 | No Hay | -1,73 | 0,01 |
| | Esc 4-3 | -25.354,5 | No Hay | -1,70 | 0,01 |
| | Esc 4-4 | -24.088,3 | No Hay | -1,61 | 0,02 |
| 5 | Esc 5 | No se evalúa económicamente | | | |
| 6 | Esc 6-1 | -9.131,5 | No Hay | -1,60 | 0,04 |
| | Esc 6-2 | -12.012,7 | No Hay | -1,62 | 0,03 |
| | Esc 6-3 | -14.700,8 | No Hay | -1,61 | 0,03 |
| | Esc 6-4 | -37.037,3 | No Hay | -1,46 | 0,01 |
| 7 | Esc 7-1 | -41.082,9 | No Hay | -2,10 | 0,01 |
| | Esc 7-2 | -38.988,9 | No Hay | -1,99 | 0,01 |
| 8 | Esc 8-1 | No se evalúa económicamente | | | |
| | Esc 8-2 | No se evalúa económicamente | | | |
| 9 | Esc 9-1 | -28.846,6 | No Hay | -1,62 | 0,02 |
| | Esc 9-2 | -30.429,1 | No Hay | -1,70 | 0,01 |
| | Esc 9-3 | -38.438,4 | No Hay | -2,15 | 0,01 |

**CUADRO 15.5-2**
**RESULTADOS EVALUACIÓN ECONÓMICA**
**PRECIOS SOCIALES**

| Escenario | | VAN (Millones $) | Tir (%) | n/k | IVAN |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Esc 1-1 | -3.164,2 | No Hay | -1,30 | 0,16 |
| | Esc 1-2 | -6.536,8 | No Hay | -1,35 | 0,11 |
| | Esc 1-3 | -13.985,7 | No Hay | -1,37 | 0,07 |
| 2 | Esc 2 | -22.297,2 | No Hay | -1,37 | 0,08 |
| 3 | Esc 3-1 | -26.787,7 | No Hay | -1,37 | 0,08 |
| | Esc 3-2 | -31.319,8 | No Hay | -1,38 | 0,08 |
| | Esc 3-3 | -35.761,0 | No Hay | -1,38 | 0,07 |
| | Esc 3-4 | -40.029,8 | No Hay | -1,39 | 0,07 |
| | Esc 3-5 | -44.112,0 | No Hay | -1,40 | 0,07 |
| 4 | Esc 4-1 | -22.329,0 | No Hay | -1,37 | 0,08 |
| | Esc 4-2 | -25.381,5 | No Hay | -1,56 | 0,04 |
| | Esc 4-3 | -24.489,8 | No Hay | -1,50 | 0,05 |
| | Esc 4-4 | -22.317,2 | No Hay | -1,37 | 0,08 |
| 5 | Esc 5 | No se evalúa económicamente | | | |
| 6 | Esc 6-1 | -7.335,0 | No Hay | -1,16 | 0,22 |
| | Esc 6-2 | -13.238,9 | No Hay | -1,61 | 0,04 |
| | Esc 6-3 | -15.198,7 | No Hay | -1,50 | 0,05 |
| | Esc 6-4 | -34.887,2 | No Hay | -1,41 | 0,05 |
| 7 | Esc 7-1 | -47.317,4 | No Hay | -2,49 | 0,02 |
| | Esc 7-2 | -43.544,9 | No Hay | -2,29 | 0,03 |
| 8 | Esc 8-1 | No se evalúa económicamente | | | |
| | Esc 8-2 | No se evalúa económicamente | | | |
| 9 | Esc 9-1 | -26.861,4 | No Hay | -1,38 | 0,07 |
| | Esc 9-2 | -28.537,3 | No Hay | -1,46 | 0,07 |
| | Esc 9-3 | -37.017,4 | No Hay | -1,90 | 0,04 |

(*) En este caso la TIR resulta negativa, por lo cual no tiene sentido real.

Fuente: Elaboración propia.

## 15.6. Análisis de Sensibilidad

Con el fin de analizar con mayor detalle sobre la viabilidad de las obras evaluadas, se realizó un análisis de sensibilidad simple que consistió en analizar que pasa si los costos disminuyen un 50% o si los beneficios aumentan un 50 %. Los resultados se muestran en el Cuadro 15.6-1 y los cálculos están contenidos en los Anexos 13-3 y 13-4.

**CUADRO 15.6-1**
**RESULTADOS ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD PRECIOS SOCIALES**
**VAN (Millones $)**

| Escenario | | Base | -50% Costo | +50% Beneficios |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Esc 1-1 | -3.164,2 | -1.337,4 | -2.919,5 |
| | Esc 1-2 | -6.536,8 | -2.904,0 | -6.172,4 |
| | Esc 1-3 | -13.985,7 | -6.541,5 | -13.534,4 |
| 2 | Esc 2 | -22.297,2 | -10.047,8 | -21.196,4 |
| 3 | Esc 3-1 | -26.787,7 | -12.140,7 | -25.534,6 |
| | Esc 3-2 | -31.319,8 | -14.222,7 | -29.882,6 |
| | Esc 3-3 | -35.761,0 | -16.364,5 | -34.245,0 |
| | Esc 3-4 | -40.029,8 | -18.451,9 | -38.466,8 |
| | Esc 3-5 | -44.112,0 | -20.448,8 | -42.504,8 |
| 4 | Esc 4-1 | -22.329,0 | -10.079,6 | -21.244,0 |
| | Esc 4-2 | -25.381,5 | -13.132,1 | -25.822,8 |
| | Esc 4-3 | -24.489,8 | -12.240,4 | -24.485,3 |
| | Esc 4-4 | -22.317,2 | -10.067,7 | -21.226,3 |
| 5 | Esc 5 | No se evalúa económicamente | | |
| 6 | Esc 6-1 | -7.335,0 | -2.582,5 | -6.250,0 |
| | Esc 6-2 | -13.238,9 | -7.060,8 | -13.680,3 |
| | Esc 6-3 | -15.198,7 | -7.594,8 | -15.194,2 |
| | Esc 6-4 | -34.887,2 | -16.352,8 | -33.796,4 |
| 7 | Esc 7-1 | -47.317,4 | -33.060,1 | -56.718,8 |
| | Esc 7-2 | -43.544,9 | -29.287,6 | -51.060,1 |
| 8 | Esc 8-1 | No se evalúa económicamente | | |
| | Esc 8-2 | No se evalúa económicamente | | |
| 9 | Esc 9-1 | -26.861,4 | -12.214,5 | -25.760,6 |
| | Esc 9-2 | -28.537,3 | -13.071,9 | -27.436,5 |
| | Esc 9-3 | -37.017,4 | -17.407,9 | -35.916,6 |

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del análisis presentado en el Cuadro 15.6-1 que aun frente a importantes cambios en el costo de las obras o de los beneficios, éstas resultan no rentables.

## 15.7. Recomendaciones

Los resultados anteriormente expuestos ratifican lo indicado en el Capítulo 12, en que se deben buscar alternativas de solución que mejoren la calidad de las aguas, ya que es la única forma de obtener mejores resultados.

Otro elemento que se debe hacer notar es que la inclusión de hidrogeneración no hace rentable el negocio. Lo mismo ocurre al incluir una planta de tratamiento al pie de la presa.

# CAPÍTULO 16

# ESCENARIO PRODUCTIVO ALTERNATIVO SIN USO DEL SUELO

# 16. ESCENARIO PRODUCTIVO ALTERNATIVO SIN USO DE SUELO

## 16.1. Introducción

El presente capítulo surge de la necesidad de plantear sistemas productivos alternativos al tradicional, donde el sustrato característico de cultivo es el suelo, dada la principal problemática que afecta a la agricultura de la zona y a la generalidad de sus suelos, que es la contaminación, proveniente principalmente del transporte a través del agua de riego y de un origen genético a la vez. Como se ha descrito en detalle en el capítulo anterior, esta contaminación obedece a la abundante presencia de diversos elementos químicos, que afectan, en niveles sobre la norma para agricultura, el desarrollo de los cultivos y la salud humana. Entre los mencionados contaminantes destacan principalmente, el alto grado de salinidad (CE) y los elevados niveles de sodio, boro, arsénico y cloruros.

Tal como queda consignado en el Capítulo 12, existe mucha superficie inutilizada para cultivar cualquier especie que no sean las tradicionales variedades tolerantes de maíz y alfalfa, en especial para frutales, desde un punto de vista temporal (se requiere, según el caso, de varios años de tratamiento rectificador, sin posibilidad de cambiar de cultivos) y de un punto de vista económico, por la gran inversión en labores e insumos en tratamientos cuyos resultados se harán esperar varias temporadas. Esta situación se da principalmente en Calama, donde los niveles de contaminación existentes llegan a sobrepasar hasta en 72 veces la norma para boro, por ejemplo, más de 16 veces la norma para arsénico, en más de 17 veces para sodio y en 22 veces para cloruros.

Este contexto de problemática, donde a su vez los escenarios de proyecto anteriormente evaluados no son viables técnica ni económicamente a la fecha del presente estudio, surge la necesidad de evaluar sistemas productivos que prescindan del suelo como sustrato de cultivo. De esta forma, es materia del presente capítulo proponer un escenario productivo alternativo, donde se plantee una Situación Con Proyecto que considere, en su propuesta de desarrollo, una fracción importante y creciente del uso del agua de riego en sistemas de producción de cultivos basados en técnicas de hidroponía.

## 16.2. Sistemas Hidropónicos de Producción

La tecnología de cultivos hidropónicos existe hace décadas en el mundo y es una alternativa de producción altamente intensiva que se ajusta perfectamente a condiciones donde los espacios son pequeños o los suelos no son adecuados para cultivo.

La hidroponía se define como un sistema de producción de cultivos, principalmente hortaliza de hoja, donde las raíces de las plantas se irrigan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales disueltos en agua y en el que, en vez de suelo, se utiliza como sustrato un

material generalmente inerte y estéril, el cual proporciona las condiciones físicas, químicas y sanitarias más adecuadas para el desarrollo vegetal.

Ventajas de la hidroponía:

- Esta técnica permite cosechas en períodos más cortos que la siembra tradicional (precocidad).
- Permite un control más preciso sobre la nutrición de la planta
- Las plantas cosechadas se remueven fácilmente.
- Favorece un ahorro considerable en el uso del agua.
- Permite al productor obtener mayor producción, de buena calidad y libres de elementos tóxicos.
- Disminuyen las enfermedades de la raíz de los cultivos, lo que reduce drásticamente la aplicación de plaguicidas.
- Operación económica y eficiente (casi automáticamente) menores costos de mano de obra.

Desventajas de la hidroponía:

- Los costos iniciales son altos (infraestructura de invernaderos, estructura de sostén de cultivo, sistema hidráulico, etc.).
- Requiere de fuerte capacitación de operarios y monitoreo constante en su operación.
- Requiere de agua de buena calidad inicial, ya que la solución nutritiva de por sí es salobre y la CE debe estar entre 1,5 y 3 dS/m. Cualquier contenido fuera de la norma en el agua puede producir desbalance nutricional afectando todas las plantas.
- Este sistema requiere de un cuidado permanente del estado de la solución nutritiva para rendir resultados (balance nutritivo de la solución, condiciones de CE, pH y temperatura), pudiendo colapsar completamente el sistema ante posibles fallas.
- El sistema tiene limitantes en cuanto a las especies cultivables, donde las hortalizas presentan ventajas estructurales para usar este método.

Existen varias técnicas de cultivo hidropónico, entre las que destacan:

- **Técnica de cultivo estacionario:** donde el más característico es el sistema de raíz flotante, donde las raíces de los cultivos flotan permanentemente en contenedores con agua y solución nutritiva.

- **Sistemas recirculantes:** el agua es conducida intermitentemente hasta las raíces de las plantas por una red de cañerías y canaletas de plantación, desde una fuente o contenedor de agua y solución nutritiva, volviendo nuevamente a la fuente después de cada riego.

- **Sistemas aéreos:** las plantas están sostenidas artificialmente con sus raíces suspendidas en el aire, siendo asperjadas intermitentemente con agua y solución nutritiva.

- **Sistemas con sustratos:** las plantas desarrollan su sistema radicular en sustratos orgánicos o inorgánicos dispuestos en platabandas en suelo o mesones, donde se suministra agua y nutrientes por goteo o cintas.

Uno de los métodos de mayor desarrollo en el país es el de **raíz flotante**, del cual a continuación se procede a realizar una breve descripción, dado que será considerado como una de las herramientas fundamentales de la presente propuesta de desarrollo agrícola. El posterior análisis productivo se realizará en torno a este sistema como un referente en producción de lechuga, considerando los costos iniciales asociados a su implantación y sus costos operacionales; no obstante, en el contexto del presente escenario, son utilizables otros sistemas de cultivo hidropónico con uso de sustratos donde es posible ampliar considerablemente el espectro de especies hortícolas cultivables.

El sistema de raíz flotante consiste básicamente en desarrollar cultivos sobre largas superficies de plumavit que se mantienen a flote sobre contenedores con solución nutritiva, la que debe ser oxigenada de manera frecuente. En general estos contenedores son fabricados de madera en mesones a una altura de 1,2 m. El ancho es de 2,2 m y el largo depende del espacio y superficie disponible. Estos contenedores son forrados internamente con nylon grueso para impermeabilizar el sistema, tan como se aprecia en la Fotografía 16.2-1.

El sistema de raíz flotante no es recirculante, por lo que el agua se queda estancada y con el tiempo va perdiendo oxígeno proporcionando que se generen bacterias y hongos que afectan las raíces de las plantas, también afecta en la nutrición vegetal ya que al disminuir la cantidad de oxígeno las plantas no asimilan todos los elementos, haciendo que se genere una deficiencia. Se requiere entonces un sistema de oxigenación que permita tener una buena cantidad de éste elemento en el agua para favorecer el intercambio gaseoso y mantener la solución nutritiva en óptimas condiciones.

Las plantas van ubicadas desde el trasplante en los orificios de la lámina de plumavit que flota sobre el contenedor, orificios distanciados a 20 cm en el caso de la lechuga. Para esto, se requiere hacer almácigo en pequeños bloques de foamy agrícola, los que son trasplantados a la lámina de plumavit cuando hay uno o dos pares de hojas verdaderas, tal como se aprecia en las Fotografías 16.2-1 a 16.2-3.

**FOTOGRAFÍA 16.2-1**
**CONFECCIÓN CONTENEDOR DE SOLUCIÓN NUTRITIVA**

**FOTOGRAFÍA 16.2-2**
**SIEMBRA DE ALMÁCIGO DE LECHUGA EN SUSTRATO FOAMY**

Fuente: http://hydroenv.com.mx

La Fotografía 16.2-4 muestra cómo queda finalmente dispuesta la plantación flotante en el mesón de plantación, donde en forma constante se debe monitorear la CE del agua, el pH, y el contenido nutricional de la solución, al mismo tiempo que el nivel del agua que naturalmente se debe reponer, para mantener 20 cm de profundidad de agua.

**FOTOGRAFÍA 16.2-3**
**PLÁNTULA DE LECHUGA LISTA PARA TRANSPLANTE**

Fuente: http://hydroenv.com.mx

**FOTOGRAFÍA 16.2-4**
**CULTIVO ESTABLECIDO DE LECHUGA SISTEMA RAÍZ FLOTANTE**

Fuente: http://mediterraneadeagroquimicos.cat

El empleo de invernaderos para desarrollar estos proyectos genera una gran ayuda en muchos aspectos sanitarios y de control de factores climáticos a la vez, donde al emplear los materiales adecuados, es posible disminuir hasta en 40% la ETc (evapotranspiración de cultivo) respecto de cultivos al aire libre. Esto es fundamental considerando la escasez de agua de calidad y las condiciones climáticas desérticas de la zona.

## 16.3. Caracterización Productiva Escenario Alternativo

En el contexto de los objetivos del presente estudio, aludiendo a la mencionada mala calidad agrícola diagnosticada en los suelos y la inviabilidad técnico económica resultante de la modelación de los escenarios de proyecto; el presente capítulo plantea una propuesta de desarrollo agrícola basada en la implementación de tecnología hidropónica de cultivo, para efectos de prescindir del gran costo económico y temporal de habilitar en forma efectiva los suelos de la zona para cultivo.

Tal como se describe en el anterior acápite, se trata de un sistema de producción altamente intensivo y de mucha rentabilidad, asociando a su vez, fuertes inversiones iniciales, requiriendo de un acucioso manejo del proceso, lo que demanda de un fuerte programa inicial de capacitación de operarios. Por esta razón, la presente propuesta plantea, en términos realistas, una potencialidad de adopción de este sistema por parte de los agricultores (en su mayoría pequeños agricultores atacameños), ceñida a la dimensión de un **Módulo de Producción Hidropónica** (MPH) en invernaderos de un tamaño estándar de 720 m² por cada agricultor. Esto, porque la mano de obra necesaria para su manejo se ajusta a la que puede proporcionar el propio agricultor y su grupo familiar, en un contexto de escaso y caro recurso humano en la zona.

De esta forma, el presente escenario plantea un horizonte preliminar de desarrollo hidropónico en la zona, equivalente a la superficie del módulo estándar propuesto, multiplicada por en número de agricultores o dueños de predios agrícolas con tierra y con actividad existentes en el área de estudio, siendo estos 344 en Calama y 158 en Chiu Chiu - Lasana, según información consignada en el Censo Agropecuario vigente de 2007. Se plantea entonces un horizonte de aproximadamente 25 ha de cultivo hidropónico en Calama de tratamiento y 12 ha en Chiuchiu Lasana, en base a esta información.

En el Anexo 16-1 se presenta un análisis detallado de todos los materiales asociados al **Diseño Piloto** del mencionado MPH, en cuanto al sistema hidráulico y los mesones, los costos asociados a éstos, además de los asociados a la construcción. No se considera la infraestructura de invernaderos, que será abordada en el acápite de flujos. Se presenta a la vez, un resumen de los costos operacionales estándares anuales para el funcionamiento de dicho módulo.

Cada módulo consta de 4 naves de invernadero con 8 mesones de 20 m² de plantación cada uno. Cada mesón tiene una capacidad de cultivo de 288 lechugas, por lo que, en forma simultánea, un módulo puede producir potencialmente 9.216 lechugas, al margen de que siempre los trasplantes son escalonados, para tener disponibilidad de stock de producto en forma diaria y permanente. A su vez, el número de cosechas en un mismo mesón alcanzable en la zona es de 6 por parte baja, o sea 55.296 unidades al año. Tal cantidad de lechugas, al precio que paga el mercado local por un producto de calidad hidropónica, da como resultado un margen que sobrepasa muchas veces el del mejor negocio agrícola actual en la zona.

No obstante, la alta rentabilidad del negocio, la inversión inicial es muy alta, considerando el bajo nivel de agricultura existente. Es ahí donde cabe hacer especial énfasis en la importancia del fomento productivo del Estado, asociado al financiamiento a través de herramientas crediticias o subsidiarias, tanto para capacitación, asesoría y seguimiento, como para inversión material.

Debe además considerarse el requerimiento de agua tratada para el correcto funcionamiento del sistema, volumen y calidad del recurso que serán proporcionados, según el planteamiento del presente escenario, por **plantas de tratamiento en base a osmosis inversa** exentas de costos por concepto de energía eléctrica, ya que estarán diseñadas en asociación a **generación eléctrica de paneles fotovoltaicos**, aprovechando la radiación y luminosidad existentes en la zona la mayor parte del año. Los cálculos asociados a la capacidad de suministro de agua de calidad proveniente de estas plantas, es de 8 módulos por planta.

El contexto general del panorama agrícola en el área de estudio, bajo el presente escenario, se visualiza de forma similar a la Situación Actual a la fecha del presente estudio, salvo la integración de estos MPH a la producción con cada uno de los agricultores de los sectores de Calama y de Chiu Chiu - Lasana. Se espera obviamente, ante una situación aprobada de proyecto y con la activación de todos los mecanismos necesarios para su marcha, que la adopción de dicha tecnología sea un proceso gradual, en el cual se parta primero por establecer pilotos de producción hidropónica en parcelas demostrativas, donde se desarrollen eficientes programas de capacitación. Se plantea así la necesidad de instalar un Piloto MPH tipo Módulo demostrativo MODEM en Calama, Chiu Chiu y Lasana, de manera de prestar frecuente cercanía al proceso productivo para la constante capacitación de los agricultores.

En el Cuadro 16.3-1 se presenta la estructura de cultivos que caracteriza el presente escenario, asociando los rendimientos potenciales esperados por hectárea de cultivo, para efectos de asignar posteriormente el uso de suelos de cada alternativa de cultivo. Por lo anterior, en la práctica, los rendimientos y márgenes de cultivos hidropónicos, deben ser ajustados a la superficie modular que realmente será capaz de manejar cada agricultor. La estructura propuesta es similar a la de Situación Actual agregando el cultivo de lechuga hidropónica como representante, para efectos de los análisis técnico-económicos, de las hortalizas factibles de producir a través de esta tecnología, que pueden ser acelga, cilantro, perejil, espinaca, rúcula, entre otros.

Al ampliar la producción hidropónica a sistemas con uso de otros sustratos en suelo, la gama de especies posibles de cultivar se amplía considerablemente (tomate, pimentón, frutillas, melones, pepinos, etc.), por lo que la presente consultoría no considera como una limitante para este escenario de proyecto, que la cantidad producida de hortaliza de diversas especies vaya a saturar de productos los mencionados mercados, ya que, si bien la producción es intensiva, se trata de escasa superficie con múltiples especies potencialmente cultivables

frente a mercados de gran demanda alimentaria que actualmente se abastecen de Arica y de la zona central.

A este respecto cabe destacar, que el presente estudio considera la proyección de la comercialización de la hortaliza producida, tanto en Calama como en Antofagasta, con una orientación preferentemente a supermercados.

**CUADRO 16.3-1**
**PATRÓN DE RENDIMIENTOS ESTRUCTURA DE CULTIVOS ESCENARIO CON CULTIVOS HIDROPÓNICOS ÁREA DE ESTUDIO**

| Cultivo | Variedad | Nivel | Año | Unidad | Rendimiento |
|---|---|---|---|---|---|
| Zanahoria | Corriente | Bajo | 1 | Saco 40 kg/ha | 500 |
| Acelga | Corriente | Bajo | 1 | Atado/ha | 15.000 |
| Maíz Choclo | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | 1 | Un./ha | 9.000 |
| Maíz Choclo Resto del Área | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | 1 | Un./ha | 11.000 |
| Betarraga | Corriente | Bajo | 1 | Atado/ha | 17.000 |
| Hortaliza Inv. Lechuga | Gran Rapids | Medio | 1 | Un./ha | 60.000 |
| Lechuga Hidropónica Inv. | Gran Rapids | Alto | 1 | Un./ha | 768.000 |
| Haba | Var. Local | Bajo | 1 | Saco 40 kg/ha | 170 |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Bajo | 1 | Fardos/ha | 259 |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Bajo | 2 | Fardos/ha | 370 |
| Alfalfa Resto del Área | Alta Sierra | Bajo | 1 | Fardos/ha | 315 |
| Alfalfa Resto del Área | Alta Sierra | Bajo | 2 | Fardos/ha | 450 |
| Ganadería Crianza | Ovinos | Bajo | 1 | Un./ha | 50 |

Fuente: Elaboración propia

## 16.4. Caracterización Económica

### 16.4.1. Fichas Técnico Económicas

De forma similar al análisis económico desarrollado para los anteriores escenarios de proyecto presentados en el Capítulo 13, se elaboraron fichas o estándares productivos y económicos para cada rubro productivo identificado en la caracterización productiva, considerando para estos, los niveles tecnológicos, y sistemas productivos de manejo en el área de estudio, para lo cual se recurrió a información secundaria además de la recogida en las entrevistas y en fuentes biblográficas para el caso de la hidroponía. Las determinaciones de costos directos de producción para cada rubro se elaboraron en base a la información recopilada en terreno, la que fue complementada en gran parte con los antecedentes bibliográficos obtenidos de instituciones de la zona y de otros estudios disponibles, tales como:

- Manuales y Cursos: “Suministros Técnicos para la Agricultura Familiar Campesina Temporada 2016 - 2017 Macro Zona Norte”, Tomo 6. INDAP, Octubre 2016.

- Estandares Productivos y Fichas de Cultivo elaboradas por ODEPA, 2010 – 2016.

- Estudio de Prefactibilidad Mejoramiento Sistema de Riego en Río San Pedro, San Pedro de Atacama, Región de Antofagasta. Arrau Ingeniería, 2013.

- Estudio de Prefactibilidad Construcción Embalse Umirpa en el Valle de Vitor, comuna de Camarones, Región de Arica y Parinacota. Arrau Ingeniería, 2012.

- Estándares Técnicos Programa Fortalecimiento de las Capacidades de Formulación y Evaluación de Proyectos para la Pequeña Agricultura. ODEPA. 1993.

- Manual de Producción de Hortalizas. Prodecop-Fida-INIA-INDAP. 1998.

- Coeficientes Técnicos de Producción de las principales hortalizas del país, IICA, Ministerio de Agricultura. 1990.

- Cultivo de Hortalizas, Vicente Giaconi y Moisés Escaff, 1988.

- Coeficientes Técnicos de Producción de los principales frutales del país, IICA, Ministerio de Agricultura. 1990.

- Revista Agroeconómico, Fundación Chile (Diversos Números).

- Manual Fitosanitario 2006-2007, AFIPA A.G.

Las fichas en cuestión han sido construidas sobre la base de una selección de coeficientes técnicos extraídos de diferentes estudios, los que han sido consultados con diversos profesionales especialistas e informantes calificados. Estos coeficientes reflejan el uso de recursos bajo situaciones de manejo tecnológico diverso. Considerando la existencia de distintas posibilidades de manejo técnico por rubro productivo, se ha escogido a juicio de experto, aquellas que parecen más representativas para la zona estudiada. Las referencias a nombres comerciales para algunos insumos son sólo indicativas, sin representar una selección o recomendación especial.

Los precios de mano de obra corresponden a los valores actuales pagados en la zona, lo que en general se calcula como un monto base más comida y a veces alojamiento. Los precios asociados a las labores de maquinaria agrícola e insumos, se desprenden de los valores informados por los propios productores. Los estándares incluyen las principales características

de cada uno de los rubros identificados, excepto los costos de inversión y mantención de los sistemas de riego tecnificados e invernaderos.

En términos generales se han considerado los siguientes aspectos en cada patrón:

- Labores e insumos
- Mano de obra
- Maquinaria
- Tracción animal
- Insumos físicos
- Fletes y envases
- Imprevistos
- Rendimientos

Los costos de los insumos no contemplan IVA y han sido aproximados a la fracción superior, eliminando los decimales resultantes en las operaciones aritméticas.

Se ha considerado en todos los costos directos, de cada uno de los rubros, un costo por concepto de imprevistos, el que asciende a un 5% de los costos directos en que se ha incurrido.

Éstas fichas incluyen información sobre ingreso bruto, costos directos y margen bruto.

Los patrones se elaboraron a precios de mercado y social; para este último, se consideraron las normas impartidas por MIDEPLAN, aplicando los factores de ajuste social para cada ítem.

El objetivo del cálculo de los precios sociales de los factores básicos de producción es contar con valores que reflejen el verdadero costo para la sociedad de utilizar unidades adicionales de estos factores durante la ejecución y operación de un proyecto de inversión.

Los coeficientes determinados por MIDEPLAN, cuyo monto varía según el ítem, se detallan a continuación:

- Mano de obra No Calificada: 0,620
- Insumo importado: 1,010
- Insumo nacional: 1,000
- Maquinaria importada: 1,007
- Maquinaria nacional: 1,000
- Producto nacional: 1,000
- Producto de exportación: 1,010

Estos indicadores se encuentran vigentes desde el año 2008.

Las fichas técnico-económicas de cultivos se presentan en el Anexo 16-2.

### 16.4.2. Ingreso, Costos y Margen Bruto

El Cuadro 16.4.2-1 presenta un resumen de los ingresos y costos por hectárea de las fichas técnicas elaboradas para el presente escenario de proyecto.

Tal como se aprecia, la configuración de la estructura de cultivos es similar a la de Situación Actual, excepto por la incorporación de la producción hidropónica en invernaderos representada en este análisis por el cultivo de lechuga.

Debe señalarse que, producto de la maximización del uso del espacio (densidad de plantación) y del tiempo de producción en este sistema (cantidad de cosechas al año), junto al eficiente control de los múltiples factores productivos (nutrición, riego, temperaturas, humedad, malezas, plagas y enfermedades, etc.), hacen que el rendimiento por unidad de superficie sea bastante mayor a cualquier sistema al aire libre. Esto se traduce en un elevado margen de cultivo que, al ser llevado a hectáreas de superficie, da resultante una magnificación del margen. No obstante, debe recordarse el planteamiento realizado a principios del presente Capítulo, respecto de la premisa que, en el contexto del presente escenario, cada agricultor manejará solamente un módulo productivo, en torno a otros agricultores que recibirán el recurso hídrico tratado desde plantas comunitarias asociadas a paneles fotovoltaicos. Por esta razón, el margen expresado en hectáreas, es solamente un indicador de margen estándar. La superficie total del proyecto a su vez, está limitada al número real de agricultores de Calama, Chiuchiu y Lasana y a la superficie del módulo estándar de 720 m².

## CUADRO 16.4.3-
## INGRESO, COSTO DIRECTO Y MARGEN BRUTO POR HECTAREA RUBROS PRODUCTIVOS ESCENARIO ALTERNATIVO DE PROYECTO (PRECIOS A DICIEMBRE 2016)

| Cultivo | Variedad | Nivel | Año | Precios de mercado ($) | | | Precios sociales ($) | | | Rendimiento | Unidad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Ingreso | Costo | Margen Bruto | Ingreso | Costo | Margen Bruto | | |
| Zanahoria Chiuchiu Lasana | Corriente | Bajo | 1 | 8.500.000 | 3.855.262 | 4.644.738 | 8.500.000 | 3.190.229 | 5.309.771 | 500 | Saco 40 kg/ha |
| Zanahoria Calama | Corriente | Bajo | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | - |
| Acelga Chiuchiu Lasana | Bressane | Bajo | 1 | 7.140.000 | 4.366.279 | 2.773.721 | 7.140.000 | 3.644.939 | 3.495.061 | 15.000 | Atado/ha |
| Acelga Calama | Bressane | Bajo | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | - |
| Betarraga Chiuchiu Lasana | Corriente | Bajo | 1 | 6.800.000 | 3.855.262 | 2.944.738 | 6.800.000 | 3.190.229 | 3.609.771 | 17.000 | Atado/ha |
| Betarraga Calama | Corriente | Bajo | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | - |
| Lechuga Hidropónica Chiuchiu Lasana | Gran Rapids | Alto | 1 | 307.200.000 | 87.170.947 | 220.029.053 | 307.200.000 | 66.163.331 | 241.036.669 | 768.000 | Un./ha |
| Lechuga Hidropónica Calama | Gran Rapids | Alto | 1 | 307.200.000 | 87.170.947 | 220.029.053 | 307.200.000 | 66.163.331 | 241.036.669 | 768.000 | Un./ha |
| Maíz Choclo Chiuchiu Lasana | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | 1 | 3.080.000 | 1.824.324 | 1.255.676 | 3.080.000 | 1.616.488 | 1.463.512 | 11.000 | Un./ha |
| Maíz Choclo Calama | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | 1 | 2.520.000 | 1.824.324 | 695.676 | 2.520.000 | 1.616.488 | 903.512 | 9.000 | Un./ha |
| Maíz Choclo Turi Paniri Ayquina | Calameño o Morocho Blanco | Bajo | 1 | 3.080.000 | 1.824.324 | 1.255.676 | 3.080.000 | 1.616.488 | 1.463.512 | 11.000 | Un./ha |
| Alfalfa Chiuchiu Lasana | Alta Sierra | Bajo | 1 | 2.517.483 | 3.256.295 | -738.812 | 2.517.483 | 3.138.482 | -620.999 | 315 | Fardos/ha |
| Alfalfa Chiuchiu Lasana | Alta Sierra | Bajo | 2 | 3.600.000 | 1.288.837 | 2.311.163 | 3.600.000 | 1.193.486 | 2.406.514 | 450 | Fardos/ha |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Bajo | 1 | 2.069.930 | 3.138.812 | -1.068.882 | 2.069.930 | 3.020.177 | -950.247 | 259 | Fardos/ha |
| Alfalfa Calama | Alta Sierra | Bajo | 2 | 2.960.000 | 1.120.837 | 1.839.163 | 2.960.000 | 1.024.310 | 1.935.690 | 370 | Fardos/ha |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | Alta Sierra | Bajo | 1 | 2.517.483 | 3.256.295 | -738.812 | 2.517.483 | 3.138.482 | -620.999 | 315 | Fardos/ha |
| Alfalfa Turi Paniri Ayquina | Alta Sierra | Bajo | 2 | 3.600.000 | 1.288.837 | 2.311.163 | 3.600.000 | 1.193.486 | 2.406.514 | 450 | Fardos/ha |
| Haba | Corriente | Bajo | 1 | 5.100.000 | 2.045.508 | 3.054.492 | 5.100.000 | 1.679.851 | 3.420.149 | 170 | Saco 40 kg/ha |
| Ganadería Crianza | Ovinos | Bajo | 1 | 3.906.250 | 3.224.529 | 681.721 | 3.906.250 | 3.075.142 | 831.108 | 50 | Un./ha |

Fuente: Elaboración propia

16.4.3. Infraestructura para Hidroponía

En el Cuadro 16.4.3-1 se presenta un resumen de los costos iniciales asociados a la implementación de un MPH. Además, en el Cuadro 16.4.3-2, se presenta el resumen de costos operacionales anuales aproximados en los que incurre el proceso productivo de hortaliza en estos módulos, los que se incluyen en las fichas técnico-económicas del cultivo.

Tal como se aprecia, los costos iniciales son elevados considerando que no se incluye la infraestructura de invernadero en este análisis (la que será incorporada en el análisis de flujo), y que se trata solo de 720 m². No obstante, la rentabilidad justifica la inversión, tal como queda en evidencia posteriormente en el Acápite 16.5 donde se presenta la evaluación económica.

**CUADRO 16.4.3**
**COSTOS INICIALES PRODUCCIÓN HIDROPÓNICA**

| ÍTEM | Precio por Módulo ($/Módulo 720 $m^2$) | Precio Unitario ($/ha) |
|---|---|---|
| **SISTEMA HIDRÁULICO** | 3.976.156 | 55.224.383 |
| **MESONES** | 10.943.080 | 151.987.222 |
| **TOTAL** | 14.919.236 | 207.211.605 |

Nota: Precios a Diciembre 2016

**Fuente: Elaboración propia**

**CUADRO 16.4.3-2**
**COSTOS OPERACIONALES ANUALES PRODUCCIÓN HIDROPÓNICA**

| Costos Operacionales por Módulo (720 m² 6 Cosechas) | | | | Total ($) |
|---|---|---|---|---|
| Ítem | Unidad | Costo unitario ($) | Cantidad | |
| **Mano de obra** | JH | 16.000,0 | 236,9 | 3.790.848,0 |
| **Semillas** | g | 166,7 | 36,0 | 6.002,0 |
| **Plant Food PHOSTROGEN** | Kg | 7.290,0 | 96,3 | 702.289,4 |
| **Plancha Poliestireno expandido** | Unidad | 890,0 | 320,0 | 284.800,0 |
| **Polietileno negro 1200 x 0,2 mm** | Rollo 10 m | 6.300,0 | 32,0 | 201.600,0 |
| **Malla Raschel (Blanca 65% sombreado)** | m2 | 190,0 | 277,3 | 52.687,0 |
| **Esponja de poliuretano** | m2 | 1.001,8 | 28,5 | 28.552,3 |
| **Sustrato** | m3 | 32.450,7 | 2,7 | 87.616,9 |
| **Cajas** | caja | 45,1 | 3.519,8 | 158.604,0 |
| **Bolsas** | bolsa | 12,0 | 55.296,0 | 664.436,7 |
| **COSTO DIRECTO** | | | 59.845,6 | 5.977.436,3 |
| **Imprevistos** | % | | 5,0 | 298.871,8 |
| **COSTO TOTAL** | | | | 6.276.308,2 |

Nota: Precios a Diciembre 2016

**Fuente: Elaboración propia**

16.4.4. Inversión en Infraestructura de Invernaderos

Para la Situación con Proyecto, se considera la inclusión de cultivos protegidos, para lo cual se plantea la inversión en infraestructura de invernaderos, la cual, en primera instancia, consistirá en la habilitación de una superficie estándar de 720 $m^2$, con la cual los agricultores, independiente del estrato al que pertenezcan, podrán iniciar una explotación intensiva de hortalizas, potenciada por la inversión en riego localizado asociado a dichos cultivos.

A continuación, en el Cuadro 16.4.4-1, se presentan los costos de inversión para una superficie de 720 $m^2$ de invernaderos, compuesto por cuatro naves de 180 $m^2$.

**CUADRO 16.4.4-1**
**INVERSIÓN Y COSTOS EN INFRAESTRUCTURA DE INVERNADEROS**

| Inversiones | Unidad | Cantidad | Valor Unitario ($) | Subtotal ($) |
|---|---|---|---|---|
| **Malla Raschel (Blanca 65% sombreado)** | m² | 554,6 | 190 | 105.374 |
| **Polines Impregnados 3" a 4" x3 m** | un | 32 | 2.941,2 | 94.118 |
| **Polines Impregnados 4" a 5" x3 m** | un | 16 | 3.529,4 | 56.471 |
| **Tapas de pino 1X4" de 3,2m** | un | 288 | 588 | 169.412 |
| **Clavos de 2 1/2"** | kg | 8 | 696 | 5.566 |
| **Clavos de 4"** | kg | 5 | 696 | 3.479 |
| **Clavos de 3"** | kg | 5 | 706 | 3.529 |
| **Charlata 1/2x1" de 4 MT** | Paquete 50 un | 5 | 10.252 | 51.261 |
| **Alambre galvanizado #8** | Rollo 50 m | 1 | 58.255 | 58.255 |
| **Costo total directo** | | | | 547.464 |
| **Instalación / Nave** | | | | 250.000 |
| **Transporte** | | | | 45.000 |
| **Total de inversión por invernadero (180 $m^2$)** | | | | 842.464 |
| **Total de inversión por Módulo (720 m²)** | | | | 3.369.856 |
| **Total de inversión para 1,0 ha** | | | | 46.803.551 |

Nota: Precios a Diciembre 2016

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al mantenimiento de un invernadero tradicional, se debe considerar, que estas estructuras se compone principalmente de un soporte sólido, generalmente construido en base de madera, debido a su menor costo, aunque existen otros materiales tales como metal y PVC, que si bien, poseen un valor de adquisición mayor, poseen un rango de duración mayor y se adaptan a distintas zonas de emplazamiento, las cuales poseen características condicionantes tales como la intensidad de los vientos existentes, radiación solar, frecuencia e intensidad de precipitaciones (tanto de agua, nieve o granizos).

Por otro lado, se encuentra la cubierta de malla Raschel, la cual se encargará de otorgar las características de ambiente protegido y controlado que otorga un invernadero.

En cuanto a la tecnología de invernadero propuesta para la Situación con Proyecto del presente estudio, en la que se consideran estructuras tradicionales de madera y considerando las características climáticas de la zona, se establece que este tipo de estructuras tendrán una duración seis años. Las cubiertas de malla Raschel, al tratarse de un material tradicional y de tecnología estándar, poseen una durabilidad de dos años (dos temporadas de cultivo), momento en que se recomienda su recambio.

### 16.4.5. Programa de Asistencia Técnica y Transferencia Tecnológica

#### 16.4.5.1. Aspectos Generales

En forma similar a los escenarios presentados en el Capítulo 12, para poder llevar a cabo los cambios propuestos resulta imprescindible apoyar en forma constante a los agricultores en la implementación e internalización de las técnicas y el conocimiento de esta forma de cultivo, radicalmente distinta a las prácticas actuales que se observan en el área de estudio.

#### 16.4.5.2. Implementación y Promoción

Con el objeto de proporcionar apoyo directo y constante a los agricultores beneficiados por el presente programa, es necesario instalar una oficina en el área de estudio. Esta oficina debe ser equipada con toda la infraestructura necesaria para llevar a cabo en forma eficiente y expedita el programa de aplicación tecnológica.

El equipamiento de la oficina debe incluir como mínimo los siguientes elementos:

- Computadores con sus respectivas impresoras.
- Teléfono y Fax.
- Línea de Internet.
- Mobiliario adecuado (escritorios, sillas, estantes, mesa de reuniones, etc.).

El programa debe contar con la participación directa de Ingenieros Agrónomos y técnicos agrícolas o agricultores expertos en el uso de sistemas de riego, que puedan satisfacer los requerimientos de los agricultores de la zona.

El Ingeniero Agrónomo jefe del programa debe dirigir y coordinar la totalidad del programa, mientras que los técnicos cumplirán su función esencialmente en terreno,

promoviendo y aplicando el programa directamente a los agricultores beneficiados. La participación de agricultores con experiencia en el uso de sistemas de riego en invernaderos con hidroponía queda como posibilidad abierta.

Durante la implementación del programa se deben identificar los líderes. Esto consiste en reconocer en cada organización los líderes legales (Presidente, Tesorero, etc.) y aquellos naturales existentes en el área. Utilizando un catastro de las organizaciones comunitarias (de Riego, Juntas de Vecinos, etc.), se puede tomar contacto con los directivos y los líderes naturales a los cuales se les invitará a formar parte y promover el programa de aplicación tecnológica.

Posteriormente, se deben organizar reuniones de promoción con los líderes y aquellos primeros agricultores contactados por ellos. De esta manera, se da a conocer y se fomenta el interés por el programa por parte de las personas asistentes. Se espera que por medio de una o dos reuniones se pueda masificar el interés y participación a la totalidad de los beneficiarios.

Durante esta etapa se procede a efectuar contactos con instituciones existentes en la zona, sean ellas públicas o privadas, con el objeto de promover y traspasar los conocimientos que se adquieran en el transcurso del proyecto.

16.4.5.3. Descripción del Programa

**a. Módulos Demostrativos de Riego**

Se propone la implementación de 3 módulos demostrativos o MODEMs de un invernadero con hidroponía de 720 $m^2$ cada uno. Los MODEMS corresponden a unidades de trabajo ubicadas en las propiedades de los agricultores (beneficiarios del programa), donde se efectúan diversas actividades de validación y transferencia de tecnologías a los agricultores. Tienen por objeto promover a corto plazo y de forma directa las ventajas de la aplicación de nuevas tecnologías hacia los productores directamente beneficiados con el programa, así como también indirectamente a los agricultores vecinos al área del proyecto.

De modo de promover diferentes opciones en el manejo de los sistemas de riego propuestos, se deja como posibilidad abierta, utilizar una de estas parcelas demostrativas para la exposición de equipos de riego, ante lo cual, se debe tomar contacto con las diferentes empresas existentes en la zona para que se instalen y promuevan sus productos.

Las parcelas deben estar disponibles para ser visitadas por toda la comunidad, actividad que estará apoyada por el jefe del programa y los técnicos agrícolas. Con el objetivo de proporcionar una mayor utilidad a los módulos se organizarán días de campo cada dos meses en donde además de entregar capacitación y transferencia se debe dar un aire de camaradería con

el propósito de que éstos sean más atractivos y al menos, para integrar de esta forma a los agricultores a participar en forma activa en el programa.

### b. Actividades de Transferencia

Conjuntamente con las actividades de validación tecnológica, se aplican diferentes metodologías para transferir el conocimiento de los MODEMS, tanto a los técnicos y profesionales del programa, como a los agricultores líderes de éste.

En este contexto, las actividades de transferencia se han dividido en actividades de capacitación, extensión y difusión.

En las actividades de capacitación, se debe realizar al menos un curso anual de actualización en técnicas de riego para los profesionales a cargo de las transferencias tecnológicas.

En extensión, las actividades deben estar dirigidas a realizar días de campo generales y específicos, así como reuniones y giras técnicas con grupos de agricultores en temas específicos relacionadas con la propuesta tecnológica ofrecida.

En cuanto a las actividades de difusión, estas deben incluir la emisión de boletines informativos referidos a instruir en el manejo de cultivos y sistemas de riego, e informar en cuanto al avance del programa y su evolución en el tiempo, siendo distribuidos en los días de campo a la totalidad de los beneficiarios del programa. Complementariamente, se debe contemplar la realización de videos explicativos que transmitan de forma clara y sencilla el uso de los diferentes sistemas de riego implementados, las técnicas de manejo de los principales cultivos a desarrollar en la zona, y otras temáticas que tiendan a potenciar la productividad agrícola de los beneficiarios del programa.

### c. Formación de Grupos de Interés

La identificación de grupos de interés, compuestos por agricultores que desarrollan opciones productivas o sistemas productivos similares, se basa exclusivamente en la realidad actual que enfrentan en el área de estudio y en las inquietudes detectadas por parte de los agricultores.

Según lo anterior, se deben considerar una serie de medidas y recomendaciones, referentes a la investigación agropecuaria y transferencia tecnológica, factor clave para el adecuado cumplimiento y establecimiento perdurable en el tiempo de estos grupos de interés.

Entre éstos grupos, se podría contemplar la introducción nuevas especies frutales y hortalizas, mejoramiento en técnicas de riego, habilitación de suelos, entre otros. Dichas

medidas deben considerar el trabajo que se encuentran desarrollando en el área de estudio diversas instituciones del sector público, tales como INDAP, SAG, INIA, FOSIS, CORFO y otros, más algunas instituciones y empresas del sector privado, tales como cooperativas, ONGs, instituciones financieras, universidades, etc.

De acuerdo a las metas proyectadas en las distintas alternativas del estudio, se plantearán nuevas acciones que deberían desarrollar las instituciones antes mencionadas, para dar una cobertura adecuada a los requerimientos de las mismas.

Al respecto, es importante destacar que actualmente se ha puesto en marcha mecanismos de concursabilidad en el Fondo de Promoción de Exportaciones Agropecuarias, el cual es gestionado en conjunto con PROCHILE y el sector privado. Esta innovación operativa busca ampliar el uso de estos fondos hacia empresas de pequeño y mediano tamaño, especializadas en nuevos rubros y localizadas en regiones.

Durante el programa se debe considerar el trabajo en conjunto con aquellas instituciones que prestan apoyo a la actividad agropecuaria y que son necesarias para el logro de las metas del programa de desarrollo propuesto. El criterio técnico al respecto es que las medidas de implementación del programa agropecuario, que se genere con ocasión del programa, cuenten con apoyo técnico y crediticio adecuado.

Por otra parte, se encuentra disponible para los agricultores algunos instrumentos CORFO, tales como FAT y PROFOS y el programa de capturas tecnológicas desarrollado por el Ministerio de Agricultura a través del FIA.

Todas las medidas y herramientas de desarrollo antes mencionadas deben ser consideradas tomando en cuenta algunos conceptos fundamentales para lograr un resultado efectivo integralmente. Uno de los más importantes en relación al desarrollo de la pequeña agricultura principalmente, es el de asociatividad desde el punto de vista comercial y técnico, en la compra de insumos, tecnología y en la venta conjunta de la producción, obteniendo mejores resultados económicos manejando la escala productiva en relación a la de comercialización.

Es por lo anterior que la capacitación que reciba el agricultor, cual fuere la fuente, organismo estatal o privado de transferencia, debe considerar el concepto de asociatividad en los ya mencionados aspectos.

### d. Creación de una Cartera de Proyectos

Se deberían identificar los impactos que signifique la puesta en funcionamiento de diferentes proyectos, ya sean de mejoramiento de canales, construcción de nuevas obras de

riego, tecnificación del riego, programas de transferencia técnica que se estén efectuando en la actualidad en la zona de estudio, etc.

De acuerdo a las potencialidades de la zona se definirá una cartera de proyectos para ser financiados por la Ley 18.450 o a través del Programa de INDAP, CORFO, etc.

16.4.5.4. Costos del Programa

En la determinación de los costos del programa propuesto se han considerado los siguientes elementos:

- Personal: Se ha considerado un agrónomo y una secretaria.
- Módulos Demostrativos: Se considera que el valor de la mano de obra es absorbido directamente por el agricultor, debido a que este recibirá los beneficios de la producción. El programa financiará la tecnificación del sistema hidropónico, invernadero (720 $m^2$), uso de maquinaria y los insumos necesarios.

Los 3 Módulos se ubicarán en Calama, Chiu Chiu y Lasana.

En el Cuadro 16.4.5.4-1 se presenta una descripción de los aspectos involucrados en el programa de asistencia técnica y transferencia tecnológica y su costo unitario.

La duración del programa se he estimado en 9 años, considerando el grado de estabilización de los márgenes económicos agrícolas, como un parámetro concreto de la internalización de las prácticas y recomendaciones entregadas.

El Cuadro 16.4.5.4-2 muestra un resumen de los costos anual del programa de asistencia técnica aplicado para ambos Escenarios.

**CUADRO 16.4.5.4-**
**COSTO UNITARIO ITEMES PROGRAMA DE ASISTENCIA TÉCNICA Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA**
**SITUACIÓN CON PROYECTO**

| Item | | Costo Unitario ($) | Descripción |
|---|---|---|---|
| **Ingeniero Agrónomo** | | 1.100.000 | 2 profesionales |
| **Secretaria** | | 350.000 | 1 secretaria |
| **Oficina** | **Arriendo Oficina** | 150.000 | Arriendo 12 meses al año |
| | **Gastos Oficina** | 100.000 | Gastos 12 meses al año |
| | **Computadores** | 325.000 | 2 equipos para todo el programa |
| | **Impresoras** | 23.500 | 2 equipos para todo el programa |
| | **Mobiliario** | 1.250.000 | 1 juego completo para todo el programa |
| **Material Divulgativo** | **Fotocopias** | 55.500 | 1 vez al año |
| | **Videos** | 600.000 | 1 vez al año |
| | **Presentaciones y Diaporamas** | 138.500 | 1 vez al año |
| **Visitas Tecnológicas Agricultores** | | 550.000 | 2 veces al año |
| **Charlas Especialistas** | | 400.000 | 3 veces al año |
| **Unidad de Validación y Modulo Demostrativo** | **Adquisición** | 69.501.355 | Inversión 1 vez para todo el programa |
| | **Mantención** | 2.061.971 | Mantención 12 meses al año |
| **Movilización** | **Vehículo** | 9.950.000 | 2 camionetas para todo el programa |
| | **Mantención Vehículo** | 89.500 | Mantención 12 meses al año |
| | **Combustible** | 170.000 | Combustible 12 meses al año |

Nota: Precios a Diciembre 2016

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 16.4.5.4-2**
**COSTO ANUAL PROGRAMA DE ASISTENCIA TÉCNICA Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA**
**SITUACIÓN CON PROYECTO**

| ÍTEM | | Costo ($) | |
|---|---|---|---|
| | | Año 1 | Año 2 a 8 |
| Ingeniero Agrónomo | | 39.600.000 | 39.600.000 |
| Secretaria | | 4.200.000 | 4.200.000 |
| Oficina | Arriendo Oficina | 2.400.000 | 2.400.000 |
| | Gastos Oficina | 1.800.000 | 1.800.000 |
| | Computadores | 700.000 | 0 |
| | Impresoras | 47.000 | 0 |
| | Mobiliario | 1.250.000 | 0 |
| Material Divulgativo | Fotocopias | 110.500 | 110.500 |
| | Videos | 600.000 | 600.000 |
| | Presentaciones y Diaporamas | 138.500 | 138.500 |
| Visitas Tecnológicas Agricultores | | 2.000.000 | 2.000.000 |
| Charlas Especialistas | | 1.400.000 | 1.400.000 |
| Unidad de Validación y Modulo Demostrativo | Adquisición | 69.501.355 | 0 |
| | Mantención | 24.743.648 | 24.743.648 |
| Movilización | Vehículo | 21.900.000 | 0 |
| | Mantención Vehículo | 1.074.000 | 1.074.000 |
| | Combustible | 3.000.000 | 3.000.000 |
| Gastos Generales | | 17.446.500 | 8.106.665 |
| Total | | 191.911.503 | 89.173.313 |
| Promedio por Agricultor | | 274.159 | 127.390 |

Nota: Precios a Diciembre 2016

Fuente: Elaboración propia.

16.4.6. Márgenes Agrícolas y Beneficios Netos

Para la obtención de los flujos agroeconómicos de este escenario se utilizó el método del presupuesto, ampliamente descrito en distintos manuales del área y en diversos estudios relacionados con el riego. La última publicación oficial corresponde a la "Metodología Formulación y Evaluación de Proyectos de Riego", publicada por el Ministerio de Desarrollo Social el año 2016.

Los márgenes agrícolas netos se calcularon a partir de la ponderación de los márgenes brutos unitarios resultantes de las fichas técnico económicas de cultivo con respecto al área regada, descontando los gastos indirectos generales y la aplicación de los programa de asistencia técnica, inversiones en riego tecnicadom habilitación de terreno y enmiendas en el suelo, ítems que varían en cada escenario. Es importante recordar que para la Situación Sin

Proyecto y Con Proyecto el año cero (0) del horizonte de evaluación corresponde a la Situación Actual Agropecuaria.

En el Cuadro 16.4.6-1 se presenta un resumen de los flujos obtenidos para la Situaciones Sin Proyecto y Con Proyecto a precios privados y sociales. En el Anexo 16-2 se presentan los resultados específicos.

A primera vista se puede observar que los márgenes de este Escenario son muy superiores a los escenarios presentados en el Capítulo 12, debido a la alta rentabilidad de los cultivos hidropónicos, muy por sobre a la inversión requerida.

**CUADRO 16.4.6-1**
**FLUJO DE BENEFICIOS AGRÍCOLAS NETOS**
**DEL PROYECTO ESCENARIO HIDROPONÍA**

| Año | Precios de Mercado | | | Precios Sociales | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | SSP | SCP | Flujo Neto | SSP | SCP | Flujo Neto |
| 0 | 1.245.884.266 | 1.245.884.266 | 0 | 1.438.151.411 | 1.438.151.411 | 0 |
| 1 | 1.245.884.266 | 1.428.908.364 | 183.024.098 | 1.438.151.411 | 1.677.534.679 | 239.383.269 |
| 2 | 1.245.884.266 | 2.845.046.281 | 1.599.162.015 | 1.438.151.411 | 3.319.109.280 | 1.880.957.870 |
| 3 | 1.245.884.266 | 4.721.263.331 | 3.475.379.065 | 1.438.151.411 | 5.477.122.184 | 4.038.970.774 |
| 4 | 1.245.884.266 | 6.058.092.272 | 4.812.208.006 | 1.438.151.411 | 6.983.028.638 | 5.544.877.228 |
| 5 | 1.245.884.266 | 6.896.205.661 | 5.650.321.394 | 1.438.151.411 | 7.933.860.369 | 6.495.708.958 |
| 6 | 1.245.884.266 | 7.670.217.279 | 6.424.333.013 | 1.438.151.411 | 8.820.590.329 | 7.382.438.918 |
| 7 | 1.245.884.266 | 8.380.804.619 | 7.134.920.353 | 1.438.151.411 | 9.643.896.011 | 8.205.744.600 |
| 8 | 1.245.884.266 | 8.583.451.842 | 7.337.567.576 | 1.438.151.411 | 9.902.902.404 | 8.464.750.994 |
| 9 | 1.245.884.266 | 8.573.549.784 | 7.327.665.518 | 1.438.151.411 | 9.893.000.347 | 8.454.848.936 |
| 10 | 1.245.884.266 | 8.842.469.401 | 7.596.585.135 | 1.438.151.411 | 10.161.919.964 | 8.723.768.553 |
| 11 | 1.245.884.266 | 8.916.473.229 | 7.670.588.963 | 1.438.151.411 | 10.235.923.791 | 8.797.772.381 |
| 12 | 1.245.884.266 | 8.916.473.229 | 7.670.588.963 | 1.438.151.411 | 10.235.923.791 | 8.797.772.381 |
| 13 | 1.245.884.266 | 8.842.469.401 | 7.596.585.135 | 1.438.151.411 | 10.161.919.964 | 8.723.768.553 |
| 14 | 1.245.884.266 | 8.662.723.097 | 7.416.838.831 | 1.438.151.411 | 9.982.173.660 | 8.544.022.249 |
| 15 | 1.245.884.266 | 8.662.045.605 | 7.416.161.339 | 1.438.151.411 | 9.981.496.168 | 8.543.344.757 |
| 16 | 1.245.884.266 | 8.839.759.432 | 7.593.875.166 | 1.438.151.411 | 10.159.209.994 | 8.721.058.584 |
| 17 | 1.245.884.266 | 8.913.085.767 | 7.667.201.501 | 1.438.151.411 | 10.232.536.330 | 8.794.384.919 |
| 18 | 1.245.884.266 | 8.914.440.752 | 7.668.556.486 | 1.438.151.411 | 10.233.891.314 | 8.795.739.904 |
| 19 | 1.245.884.266 | 8.841.114.416 | 7.595.230.150 | 1.438.151.411 | 10.160.564.979 | 8.722.413.569 |
| 20 | 1.245.884.266 | 8.661.368.113 | 7.415.483.846 | 1.438.151.411 | 9.980.818.675 | 8.542.667.265 |
| 21 | 1.245.884.266 | 8.661.368.113 | 7.415.483.846 | 1.438.151.411 | 9.980.818.675 | 8.542.667.265 |
| 22 | 1.245.884.266 | 8.841.791.909 | 7.595.907.643 | 1.438.151.411 | 10.161.242.471 | 8.723.091.061 |
| 23 | 1.245.884.266 | 8.916.473.229 | 7.670.588.963 | 1.438.151.411 | 10.235.923.791 | 8.797.772.381 |
| 24 | 1.245.884.266 | 8.916.473.229 | 7.670.588.963 | 1.438.151.411 | 10.235.923.791 | 8.797.772.381 |
| 25 | 1.245.884.266 | 8.842.469.401 | 7.596.585.135 | 1.438.151.411 | 10.161.919.964 | 8.723.768.553 |
| 26 | 1.245.884.266 | 8.662.723.097 | 7.416.838.831 | 1.438.151.411 | 9.982.173.660 | 8.544.022.249 |
| 27 | 1.245.884.266 | 8.662.723.097 | 7.416.838.831 | 1.438.151.411 | 9.982.173.660 | 8.544.022.249 |
| 28 | 1.245.884.266 | 8.842.469.401 | 7.596.585.135 | 1.438.151.411 | 10.161.919.964 | 8.723.768.553 |
| 29 | 1.245.884.266 | 8.915.795.736 | 7.669.911.470 | 1.438.151.411 | 10.235.246.299 | 8.797.094.889 |
| 30 | 1.245.884.266 | 8.913.763.259 | 7.667.878.993 | 1.438.151.411 | 10.233.213.822 | 8.795.062.411 |

Nota: Precios a diciembre de 2016

Fuente: Elaboración propia.

## 16.5. Evaluación Económica

### 16.5.1. Aspectos Generales

Para desarrollar esta evaluación, se siguen los mismos lineamientos presentados en el Capítulo 15.

### 16.5.2. Costos de las Obras

Tal como se indicó en el estudio agronómico, se instalarán 43 plantas en Calama y 20 en Chiu Chiu - Lasana, o sea un total de 63 plantas. Preliminarmente se considera adecuado lo presentado en el estudio Plan de Riego de Antofagasta (Amphos 21, 2017), en que estima para el tratamiento de aguas en Calama un sistema de 2 etapas, en que primero se hace un abatimiento de boro y arsénico, para luego eliminar la conductividad eléctrica del agua, es decir, los iones. Además, al considerar estanques para almacenar el agua tratada y tuberías, se tiene un costo por sistema de tratamiento levemente superior a 64 millones. Por otra parte, se estima necesario instalar un conjunto de 80 paneles solares para abastecer el 100% de la energía necesaria. Esto último tendría un costo de 28,0 millones por sistema de tratamiento.

### 16.5.3. Resultados de la Evaluación

En el Cuadro 16.5.3-1 se muestran los resultados de la evaluación económica, los que muestran preliminarmente que el proyecto es altamente rentable. El detalle de los cálculos se presenta en el Anexo 16-3.

**CUADRO 16.5.3-1**
**RESULTADOS EVALUACIÓN ECONÓMICA**

| | VAN (Millones $) | TIR (%) | IVAN | n/k |
|---|---|---|---|---|
| **Precios Mercado** | 17.300,2 | 29,74% | 2,75 | 3,59 |
| **Precios Sociales** | 50.004,4 | 33,75% | 3,10 | 9,11 |

Fuente: Elaboración propia.

### 16.5.4. Análisis de Sensibilidad

Con el de determinar en mejor forma la bondad de la evaluación económica realizada, se presenta un análisis de sensibilidad en el que se analizan los indicadores de rentabilidad cuando el costo de las obras varía en ±30% y los beneficios se varían en una producción anual basada en ±3 cosechas sobre el base, es decir, 3 cosechas y 9 cosechas al año. Los resultados mostrados en el Cuadro 16.5.4-1 muestran que el proyecto analizado continúa siendo rentable para todos los casos analizados. El detalle de los cálculos está incluido en el Anexo 16-3.

**CUADRO 16.5.4-1**
**RESULTADOS ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD PRECIOS SOCIALES**

| | VAN (Millones $) | TIR (%) | IVAN | n/k |
|---|---|---|---|---|
| **Costos+30%** | 38.085,7 | 24,49% | 1,82 | 4,64 |
| **Costos-30%** | 61.923,1 | 47,65% | 5,48 | 16,53 |
| **3 Cosechas** | 752,5 | 6,64% | 0,05 | 1,07 |
| **9 Cosechas** | 99.256,3 | 51,93% | 6,15 | 18,43 |

Fuente: Elaboración propia.

## 16.6. Conclusiones Escenario Alternativo

Tras la descripción técnica y el análisis económico de esta alternativa de escenario de proyecto, contrastando sus resultados con los de los anteriores escenarios modelados y su escasa viabilidad técnico económica, se despeja definitivamente la orientación que deben tomar a futuro las inversiones en materia de riego y que es el mejoramiento de calidad de aguas asociando en lo posible, tecnología que permita prescindir del suelo como sustrato de cultivo, en especial en zonas como Calama, donde algunos sectores alcanzan niveles de contaminación que los inhabilitan por más de 10 años de tratamiento y de alta inversión en ello.

La tecnología de tratamiento de aguas, tal como se describe, está al alcance de ser financiada como programas de desarrollo colectivo en las comunidades, al igual que la tecnología de producción hidropónica, la que existe hace décadas en el país y ha demostrado ser una alternativa altamente rentable y adaptable a diversas especies hortícolas y de frutales menores.

El fundamento del presente escenario alternativo de proyecto orientado a la producción hortícola, va de la mano con la potencialidad existente en la zona en términos de adaptabilidad climática y de condiciones de mercado altamente ventajosas; esto es, altos precios al agricultor, dada la gran demanda de productos en ciudades (Calama y Antofagasta) que deben traer suministros alimentarios de Arica o de la zona central.

El gran desafío para las instituciones ligadas al desarrollo agrícola, es poder invertir acertadamente recursos en tecnología (diseño, materiales, equipamiento y construcción), en una eficiente difusión de la alternativa, reclutamiento y capacitación de beneficiarios y en un constante seguimiento y monitoreo de los proyectos, como única forma que agricultores profundamente tradicionales y arraigados en la cultura Atacameña, puedan adoptar eficazmente esta tecnología y conducir su agricultura a otro plano de desarrollo logrando hacerla trascender en el tiempo como actividad rentable para su descendencia.

# CAPÍTULO 17

# CONCLUSIONES Y COMENDACIONES

# 17. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Producto del trabajo desarrollado en el presente estudio y del análisis de sus resultados, es posible presentar las siguientes conclusiones generales:

- La baja productividad actual de la agricultura en la zona y la estrecha gama de cultivos posibles de desarrollar, guarda directa relación con la mala calidad química del agua de riego y con la mala calidad físico química de los suelos de cultivo.
- El nivel de contaminación química de los suelos, guarda directa relación con la práctica del riego agrícola y el nivel de contaminación del agua, entre otros factores, por lo que, si no se aborda el problema de calidad de agua, es imposible resolver el de calidad de suelos.
- El problema de calidad de suelos es transversal a toda el área de estudio. No obstante, se acentúa drásticamente en Calama, donde algunos sectores alcanzan niveles de contaminación con Boro y Arsénico que los inutilizan por hasta 15 años, asociando costos de tratamiento muy elevados.
- Si bien el problema de calidad de aguas es transversal, éste se va acentuando en la medida que se avanza hacia aguas abajo del valle, teniendo una mayor influencia el aporte efectuado por el río Salado, afluente del río Loa.
- La metodología tradicional implementada en la búsqueda de soluciones efectivas a esta situación no es capaz de resolver de forma rentable la problemática combinada de calidad de aguas, calidad de suelos y de seguridad de riego en la zona.
- La vía de solución de mayor impacto en el desarrollo agrícola en la zona es la vía del mejoramiento de calidad de aguas para riego, dada su comparativamente mayor incidencia en la productividad agrícola (directa e indirectamente).
- El área de estudio posee un gran potencial productivo en términos de adaptabilidad climática de múltiples especies agrícolas y de condiciones de mercado altamente ventajosas; esto es, altos precios de venta de productos dada la gran demanda de productos en ciudades (Calama y Antofagasta) que deben traer suministros alimentarios de Arica o de la zona central.
- El territorio posee una tradición agrícola de larga data, por lo que cualquier transformación propuesta deberá insertarse en unas dinámicas sociales y agrícolas ya asentadas.
- El territorio presenta una importante presencia de población indígena, lo que, sumado al marco normativo vigente (Convenio 169 de la OIT) hace necesario

que los proyectos a impulsar consideren un dialogo constante con las comunidades.

Dada la problemática existente en la zona, la inviabilidad técnico económica de las soluciones obtenidas a través de la metodología tradicional, las mencionadas ventajas comparativas existentes para el desarrollo de la agricultura y la realidad sociocultural que define al territorio es que la presente consultoría ha generado las siguientes recomendaciones, como herramientas para la toma de decisiones en futuras instancias de inversión en materia de riego:

- Se recomienda enfocar los esfuerzos y recursos en mejorar la calidad del agua de riego, desde una aproximación micro, es decir a nivel del agricultor. Esto como base necesaria para implementar un cambio de paradigma en la forma de cultivar y desarrollar agricultura prescindiendo del suelo como sustrato de cultivo.
- Se recomienda el desarrollo progresivo de proyectos que asocien tratamiento de aguas mediante abatimiento de contaminantes con osmosis inversa u otra tecnología ad hoc, utilizando energía fotovoltaica, asociando tecnología hidropónica de cultivos bajo invernaderos, sistema que ha demostrado alta rentabilidad. En este sentido, un desafío futuro estará dado por ir introduciendo estas nuevas tecnologías sin menoscabar la producción tradicional y las prácticas agrícolas existentes.
- Se recomienda evaluar cualquier proyecto de desarrollo mediante el Método del Mínimo Costo e incorporar al Oasis de Calama en el Plan de Zonas Extremas o declararlo como sector de interés geopolítico.
- Se hace necesario estudiar con mayor detalle la combinación de soluciones macro con el enfoque micro a nivel del agricultor, como por ejemplo mejorar la disponibilidad de agua por el uso del Embalse Turi, con tratamiento local tal como se expuso anteriormente
- Para posteriores proyectos asociados al desarrollo agrícola, se recomienda hacer un acabado estudio del estado de los derechos de agua en la zona y de la propiedad de la tierra, de manera de generar instancias de regularización y así hacer viable la asignación de beneficios agrícolas, condicionada al respecto por la reglamentación vigente.
- Se recomienda también mejorar la modelación desarrollada y el estudio hidrológico. Para esto se recomienda comenzar con la instalación de estaciones de monitoreo que midan en forma continua, de modo de conocer en detalle como se comporta el territorio en crecidas. Posteriormente se debe mejorar la modelación realizada.

Estas soluciones plantean algunos desafíos en lo que se refiere a la relación del Estado con los agricultores de la zona y para los propios agricultores. Desde el punto de vista del

Estado, se requiere que éste sea capaz de avanzar hacia la construcción de una relación de mayor cercanía con las comunidades, enfrentando así una realidad que habla, como se expresó en el capítulo 3 del informe, de una extendida desconfianza. La implicación temprana de las comunidades en los futuros proyectos o la devolución de los resultados de los mismos pueden constituir pisos mínimos sobre los que ir construyendo confianzas. Por otro lado, y considerando el espíritu del Convenio 169 de la OIT, se debieran favorecer espacios continuos de participación de las comunidades indígenas en relación a sus proyectos de desarrollo futuro. Respecto a las líneas de acción planteadas por el estudio, las comunidades debieran ser consideradas a la hora de evaluar la Susceptibilidad de Afectación Directa (SAD) que observan en los proyectos, pese a que éstos no deban ingresar al SEIA por medio de un EIA.

Desde un punto de vista sociocultural, se considera necesario buscar fórmulas que permitan conciliar la agricultura tradicional con la hidropónica. Y es que el cambio de paradigma propuesto supone una modificación sustantiva de prácticas agrícolas tradicionales que son parte estructurante de las identidades indígenas y agrícolas, por lo que es altamente probable que exista una cierta resistencia al cambio. Esta conciliación también puede parecer interesante en términos económicos entre algunas comunidades del Alto El Loa, pues sus cultivos en terrazas son un elemento que otorga valor turístico al territorio.

La introducción de las nuevas tecnologías propuestas debe ir acompañada de programas de apoyo permanente que permitan a los agricultores interesados en la innovación sobrellevar un necesario período de adaptación. La actual planta de tratamiento existente en Calama ha debido enfrentar una serie de inconvenientes en lo que respecta al acceso a los insumos necesarios para su mantención y operación, por lo que deben generarse las condiciones, materiales y no materiales, que sean capaces de sostener el nuevo paradigma agrícola propuesto.

Todo lo anterior permite evidenciar la magnitud del desafío que supone intentar romper con el estancamiento existente en el sistema agrícola, lo que hace necesario un esfuerzo multisectorial que involucre a distintos servicios públicos especializados (CONADI, INDAP, DGA, GORE, DOH, Municipalidad, entre otros) y que permita efectuar un abordaje sistémico y con un enfoque territorial.

En lo que respecta al oasis de Calama, de lograrse ciertos avances en el impulso de la economía agrícola y considerando que el tamaño de los predios en general es pequeño, podría hacerse necesario potenciar entre los regantes modelos asociativos de explotación y/o comercialización que faciliten la puesta en el mercado de sus productos, permitiendo mejores márgenes de comercialización. En este sentido, las cooperativas representan un buen modelo, pero ello puede ser potenciado también a través de las organizaciones ya existentes, como la propia Asociación de Agricultores de Calama.